

Juan Pedro MORENO DELGADO

**O URBANISMO DAS REDES E OS
PROCESSOS ESPACIAIS NA AVALIAÇÃO
DAS REDES DE TRANSPORTE. ESTUDO DE
CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE LIMA/PERU**

ARTICULOS

RESUMEN

La presente investigación desarrolla y amplía conceptualmente la relación convencional establecida entre las redes de transporte y su uso del suelo asociado, proponiendo un sistema de relaciones dialécticas desde los aspectos globales hasta el nivel específico, para el análisis y evaluación del desempeño de las redes de transporte en su dimensión territorial y sus impactos en la producción del espacio. La evaluación de una red de transporte debe considerar ésta como una forma espacial de amplio poder instrumental que, de acuerdo a cómo materializa la actividad urbana de circulación, distribuirá la accesibilidad en el espacio urbano: la evaluación corresponde al espacio-tiempo creado por la red con su topología, cinética y comportamiento adaptativo, factores que impactan en los patrones de ocupación y uso del suelo. Estos patrones son el producto histórico de determinados procesos espaciales, ampliamente favorecidos por el espacio-tiempo creado por la red de transporte. Finalmente, un estudio de caso es desarrollado para la región metropolitana de Lima/Perú, con el fin de contrastar las hipótesis.

ABSTRACT

The present research work consists of a conceptual development about the relationship between transport networks and associated land uses. It proposes a system of trade-off relationships (dialectic relations) from the general to the specific aspects, for the analysis and evaluation of the behavior of transport networks in the context of its territorial dimension. The evaluation of transport networks must consider this as spatial form of ample instrumental power that, according to the way urban activities of circulation materialize, will distribute accessibility in urban space: The evaluation corresponds to the space-time created by the network with its topology, kinetic and behavior adaptive, factors that impact in the occupation and land use patterns. These patterns are the historical product of determined spatial processes, widely favored for the space-time created by the transport network. Finally, a case study is carried out for the Lima metropolitan region in Peru.

Palabras clave

Transportes y uso del suelo. Proceso espacial. Dinámica urbana. Ciudades y redes territoriales urbanas. Espacio-tiempo.

Key-words

Transport and land use. Spatial process. Urban dynamic. Urban territorial networks and cities. Space-time.

Recibido: 13-10-99
Aceptado: 14-03-2000

■ INTRODUÇÃO

Efetuamos ações de planejamento das vias e transportes públicos com a finalidade de racionalizar a estrutura do movimento urbano nas metrópoles. Porém, nas cidades de países subdesenvolvidos o padrão e a estrutura dos movimentos urbanos sustenta grandes desequilíbrios espaciais em benefício de um aglomerado central, reforçando a segregação urbana. Ambas as estruturas, espacial e do movimento, interagem dialéticamente, configurando uma dinâmica: a gradativa evolução da cidade via processos espaciais cumulativos no tempo, sendo um deles a segregação, tanto no espaço como na mobilidade. Portanto, o planejamento integral da relação transporte —uso do solo é necessário, porém, observando questões estruturais, entre outras, o padrão espacial descontínuo e fragmentado da cidade latino-americana, originado historicamente por uma distribuição desigual das relações espaço - tempo e da acessibilidade.

O planejamento incentiva abordagens alternativas inspiradas na otimização das infra-estruturas, gestão da mobilidade e/ou reordenamento dos usos do solo, visando atingir objetivos relacionados com a equidade e a qualidade de vida nas cidades. Seria de grande interesse, nestas intervenções, avaliar o papel da rede de transporte enquanto um tipo de uso do solo, dinâmico e evolutivo, responsável por materializar as redes de relações da sociedade no espaço-tempo, influenciando portanto, na evolução da sociedade e de seus espaços.

A presente pesquisa procura uma contribuição conceitual e metodológica, analisando as propriedades estruturais dos meios de comunicação como redes territoriais e, neste sentido, identificar sob que leis e mecanismos as redes de transporte e comunicação configuram as relações espaço-temporais, promovendo a materialização e a distribuição quotidiana da acessibilidade no espaço urbano, a qual impacta continuamente na configuração do uso do solo e seu valor. Para atingir esta finalidade fazemos uso, entre outras fontes, dos marcos teóricos seguintes: a) a Geografia Crítica, no intuito de caracterizar a prática social relativa à transformação do espaço —tempo social e sua relação com a produção do espaço urbano e os processos espaciais, b) a *Reseauistique Territoriale*, no relativo a caracterizar o papel das redes de transporte como o cenário das mutações da relação espaço-tempo, e c) o Geoprocessamento, como uma ferramenta de grande potencial, útil para a visualização direta e futuro

análise das homologias espaciais identificadas no território. Tentamos demonstrar que a relação transporte-uso do solo, pode ser considerada também, sob uma abordagem geográfica e no contexto das relações estruturais estabelecidas entre a rede de transporte e o sistema urbano.

Apresentamos na seção 2 algumas considerações teóricas, as quais definem o contexto da nossa pesquisa, assim como, identificamos as principais hipóteses. Na seção 3, é apresentada a proposta metodológica para a análise e avaliação do desempenho das redes de transporte, na sua dimensão territorial. Na seção 4, apresentamos um estudo de caso efetuado num setor da área metropolitana de Lima, assim como, os resultados obtidos. Finalmente, na seção 5, apresentamos as conclusões preliminares desta pesquisa em andamento.

■ PADRÕES ESPACIAIS E DO MOVIMENTO NA METRÓPOLE SUBDESENVOLVIDA

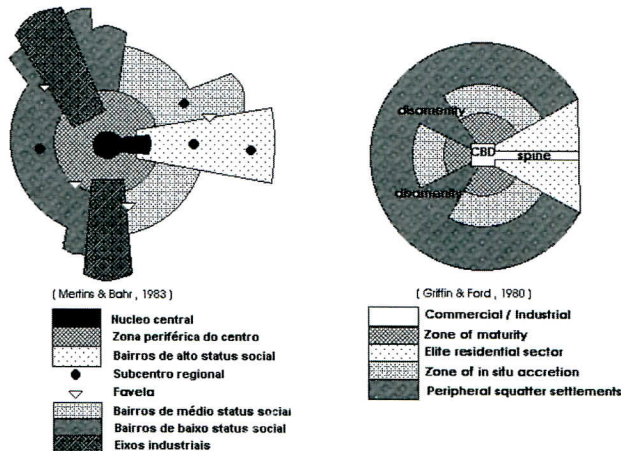
Nas sociedades subdesenvolvidas o espaço urbano é marcadamente seletivo, devido a que a difusão da modernização e do desenvolvimento não se materializa simultaneamente no tempo e no espaço, sendo essa sempre pontual nas suas formas e nos seus efeitos, as diferenças sócio-econômicas são consequência da localização dos indivíduos, a qual determina igualmente a posição de cada um enquanto produtor e consumidor, existem pelo tanto enormes disparidades (Santos, 1979). Portanto, salvo em algumas áreas privilegiadas, as infra-estruturas e mesmo a presença humana, não são fenômenos generalizados. O espaço não é nem completamente organizado pelas diversas redes de infra estrutura e comunicação, nem completamente utilizado ou transformado pelo trabalho: Estes fenômenos expressam-se nas estruturas espacial e do movimento urbano.

O padrão espacial latino americano

As distintas áreas sociais de uso residencial em uma cidade respondem a uma lógica de separação dos distintos grupos sociais os quais configuram padrões espaciais de segregação. Apresentamos a seguir na figura 1 um esquema da organização espacial da cidade latino americana (Correa, 1993), desenvolvido a partir do trabalho de Mertins & Bahr (1983). Nesta proposta, observamos o padrão de segregação setorial dos diversos bairros de status, a redor do núcleo central e sua zona periférica do centro. Vemos,

FIGURA 1

Esquema da organização
espacial da cidade
latinoamericana



ainda, como o centro se expande e se articula amplamente com os bairros de alto status social, a localização dos subcentros regionais especializados socialmente e a localização estratégica das favelas, nas fronteiras entre grupos sociais e eixos industriais. Por outro lado, Griffin & Ford (1980), analisam também como as populações de status acentuam a sua diferenciação no espaço, no que eles descrevem como um setor de elite que com forma de espinha («spine/elite sector») parte do centro em direção à periferia, definindo uma área de predominância, com privilégios e sob controle. Ambos os esquemas apresentam semelhanças. As variáveis explicativas para o nascimento deste «corredor da elite», na segunda metade do século xx, podem-se resumir nos seguintes fatores:

a) Em uma sociedade urbana, onde as grandes maiorias são pobres, existe um limitado crescimento da alta qualidade dos serviços urbanos e este limite se espacializa, b) As políticas de empréstimos são conservadoras e as altas taxas de juros restringem os investimentos especulativos, c) Geralmente, a pobreza das comunicações anima àqueles usuários da alta qualidade de serviços, a viver perto das áreas onde estes serviços são encontrados.

O estudo do processo de produção do espaço urbano pelos diversos agentes, fornece uma nova abordagem: a dos processos espaciais, ou seja, existe uma «auto segregação» e uma «segregação imposta» para os grupos sociais (O'Neill, 1986). Para o caso da cidade latino-americana, o reconhecido modelo de Homer Hoyt (1939) apresenta uma variante importante: O «spine/elite sector», ou seja, a espacialização dos processos sociais.

As bases do movimento

As decisões individuais de movimento ocorrem em função de duas considerações: O nível de atratividade de destinos particulares, oportunidades de movimento ou atratores, e o custo do movimento para estas oportunidades particulares. Na avaliação de oportunidades de movimento a serem satisfeitas, as pessoas tendem a considerar como obter ambas vantagens. Na explicação dos padrões de movimento 3 fatores precisam ser considerados: A atratividade de cada oportunidade de movimento, o respectivo custo do movimento e a estrutura localizacional dos atratores ou oportunidades de movimento (Cox, 1972).

a) A atratividade. Podemos dizer que são duas as principais propriedades da atratividade no meio urbano: A primeira é a sua funcionalidade, ou seja, o que é atrativo para um tipo de movimento de acordo com um propósito determinado pode divergir do que é atrativo para outro tipo de movimento com outro propósito. Isto se evidencia, por exemplo, nos movimentos pendulares da força trabalhadora. Uma segunda propriedade complementar à anterior é a utilidade localizacional ou utilidade do lugar («place utility»), a qual se refere ao valor individual conferido a um lugar relativo aos próprios objetivos. Se a primeira propriedade descreve a função de «necessidade» para a realização do deslocamento até o ponto de atração, esta propriedade descreve a função de «conveniência» de pessoas ou organizações para realizar um deslocamento até o ponto de atração, o qual pode ser o centro assim como outra área privilegiada para os valores individuais ou de grupo. Este conceito pode ser aplicado aos movimentos de pessoas no que se refere às preferências de consumo.

b) O custo do movimento. Os movimentos no ambiente urbano, envolvem três tipos de custos: b.1. Os custos de oportunidade, expressos nos fatores de fricção de distância, de oportunidades intervenientes e no custo da

fricção espacial. A fricção da distância descreve as tendências dos movimentos a variar em seus custos, incorporando acréscimos em função dos acréscimos de distância, por exemplo, acréscimos de tempo, de valor econômico ou de outros recursos envolvidos (Wingo, 1971). Segundo Haig, no comportamento das famílias na procura por habitação (localização permanente) desejando uma boa acessibilidade e minimizando os custos da fricção da distância (Bailly, 1975); b.2. Os custos monetários, ou seja, os custos diretos do deslocamento traduzidos pela tarifa, a qual é o valor a ser cobrado do usuário. Este preço procura traduzir aproximadamente os custos de capital e operacionais; e b.3. Os custos incidentais do movimento, sendo aqueles que figuram como parte adicional a um custo monetário e de oportunidade, para chegar a um destino atrativo. São os acréscimos de tempo, como aqueles provocados por engarrafamentos ou quando a rota é sinuosa, na poluição visual, atmosférica e sonora, na falta de segurança, no baixo padrão da oferta veicular em termos de capacidade, confiabilidade, etc. Enfim, são custos sociais e externalidades desigualmente distribuídos, não somente entre os usuários da rede de transporte, como também na comunidade em geral.

c) A estrutura localizacional dos atratores, configura as seguintes características: quando as oportunidades de movimento interagem entre si e estão portanto, próximas, elas configuram um quadro de densidade diferenciada, apresentando uma tendência setorial, procurando, por razões de complementaridade e/ou vantagens de localização, originar formas de concentração. É por isso que os atratores dos residentes suburbanos aparecem concentrados na direção do centro da cidade, assim como, por razões funcionais existe também a dispersão destes atratores. O papel da estrutura localizacional das oportunidades de movimento, se reflete nos padrões de movimento urbano via distância, direção e conexão.

Em resumo, o espaço do movimento individual não pode ser tratado simplesmente em termos de distância. As localizações são separadas pelo custo do movimento que não é necessariamente proporcional à distância. Os espaços geográficos são deformados por variações no custo de movimento que são mais fortes determinantes de padrões localizacionais que o próprio espaço. Em outras palavras, são condicionados pela articulação específica dos custos de oportunidade, incidentais e monetários, quanto ao desempenho particular de uma rede de transporte, configurando, então, a

correlação espaço-tempo. Por conseguinte, os padrões de movimento podem se constituir em variáveis explicativas de como o espaço esta sendo produzido ou reproduzido, visando uma análise das bases do movimento e o seu relacionamento com a dinâmica urbana da metrópole subdesenvolvida.

As lógicas que determinam a mobilidade urbana

O processo espacial de segregação urbana sustenta-se em 3 lógicas da mobilidade que reproduzem constantemente o espaço urbano desigual, segundo Tani em Henry (1985): A primeira é a lógica de inserção no espaço urbano, que é o comportamento dos indivíduos e grupos para se inserir no espaço como localização, a qual se expressa na mobilidade residencial (mudança de vivenda no espaço e no tempo) em correspondência ao mercado de vivenda (formal e informal), esta lógica favorecerá ou não a posição do usuário da cidade como consumidor. A segunda é a lógica de inserção na produção, que complementa e interage com a anterior, sendo o comportamento dos indivíduos e grupos para se inserir no processo produtivo, isto se expressa nas trajetórias laborais-profissionais, em correspondência à dinâmica do mercado de trabalho urbano (formal e informal). As características da oferta de serviço de transporte coletivo, é a terceira lógica que determina a mobilidade urbana, sendo o comportamento dos indivíduos e grupos para se inserir favoravelmente na atividade de circulação no espaço urbano, a variável que configura a oferta de serviço, um exemplo disto é a gestão e financiamento do serviço, mas esta lógica do capital se articula linearmente com as duas anteriores.

Os grupos sociais mas abastados geram «barreiras» (legais, institucionais, econômicas, etc.) com a finalidade de garantir o controle sobre a mobilidade social dos outros grupos, a rede de transporte canalizando a mobilidade urbana, reproduz também este «efeito barreira». Em resumo, de acordo a como os grupos sociais estiverem inseridos espacialmente como produtores e consumidores, estarão posicionados no contexto da circulação urbana, correspondendo a cada grupo social uma forma segregada de mobilidade. Isto se concretiza em uma sub-rede de transporte com determinada correlação espaço-tempo (desempenho) e que portanto, configurará um sub-espaço (Moreno, 1995b). A segregação não é somente um resultado das formas espaciais, senão também um princípio dinâmico que guia seu ordenamento, igual acontece com as formas segregadas de mobilidade (Henry, 1985).

As relações espaço-tempo configuradas pelo desempenho das redes de transporte urbano, regulam o território e definem o núcleo das nossas hipóteses de trabalho, na presente pesquisa, no intuito de demonstrar: a) se apresentam algum nível preliminar de homologia com determinados grupos sociais e/ou padrões de ocupação e do uso do solo, ou seja possuem algum significado sócio-espacial; b) se apresentam algum nível de homologia com formas segregadas de mobilidade; e c) se configuram alguma associação com o padrão espacial de segregação da cidade latino-americana o spine/ elite sector.

O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RELAÇÕES DIALÉTICAS COMO PROPOSTA

Com a finalidade de avaliar as redes de transporte no que se refere ao seu papel regulador da mobilidade e do espaço urbanos, desenvolvemos a seguir os componentes da nossa proposta metodológica: a) O poder instrumental da rede de transporte como forma espacial na transformação do espaço-tempo social; b) A articulação dialética das propriedades estruturais das redes e do território expressando esse poder; e c) A articulação dialética do desempenho das redes de transporte com as forças de concentração e dispersão no espaço urbano.

A dialética sócio-espacial

A transformação do espaço-tempo, constitui-se em objeto fundamental da prática social, se considerarmos alguns aspectos da relação dialética estabelecida entre a sociedade e seu espaço: a) A vida social só terá existência na medida em que exista espacialmente, ela se projeta num espaço, inscreve-se num espaço enquanto o produz (Lefebvre in Soja, 1989), a constituição da sociedade é espacial e temporal; b) O comportamento mutável da espacialidade explica-se na sua dinâmica e portanto nas relações entre o espaço e o tempo sociais, a espacialidade existe como produto de um processo de transformação, mas, continuo sempre aberto a transformações adicionais, porque o espaço urbano desigual precisa ser constantemente reforçado ou reestruturado, ou seja, reproduzido. c) Se as relações sociais inscrevem-se num espaço enquanto o produzem, teríamos que reconceituar o amplo poder instrumental do espaço na sua particular organização, em muitas escalas diferentes, o alcance desse poder origina uma serie de contingências, tais como, a fragmentação socio-espacial (Soja, 1993).

A pratica social de procura de lucros na cidade baseia-se nas relações assimétricas e desigualdades espaciais, estruturando dois processos: 1^º) A dinâmica de acumulação no espaço e no tempo, ou seja, a mobilidade do capital na procura de «novos espaços», no âmbito urbano. O desenvolvimento capitalista, portanto, tem que negociar entre a preservação dos valores de troca dos investimentos do passado, no meio ambiente construído, e a destruição do valor desses investimentos, a fim de abrir um novo espaço para a acumulação. O fluxo e refluxo temporal e geográfico de investimentos na cidade só pode ser entendido em termos desse processo» (Harvey in Soja, 1993). 2^º) Em segundo lugar, existe a instrumentalidade do «Desenvolvimento Geograficamente Desigual», a própria atividade lucrativa assinalada anteriormente produz o desenvolvimento e o subdesenvolvimento. As diferenças são estruturadas no espaço através de distribuições geográfica e setorialmente desiguais dos investimentos e da infra-estrutura social, da concentração preferencial dos centros de gestão, dos meios de produção e dos circuitos financeiros no processo de urbanização, estes fatores diferenciam geograficamente as taxas de lucro, a composição orgânica do capital, a produtividade do trabalho, os índices salariais, os níveis de tecnologia, a organização do trabalho e o custo dos bens e serviços para o consumo individual e coletivo.

Ambas as estratégias implementam a constante transformação do espaço-tempo social, condicionando a estrutura localizacional dos atratores e os custos do movimento, ou seja, as bases do movimento urbano, porém, no tempo esses fatores reforçam também as relações assimétricas.

A rede de transporte como forma espacial

Como produto social o espaço urbano é, simultaneamente, o meio e o resultado, da vida social. Na cidade as práticas econômicas e políticas dos grupos sociais, constituíram historicamente o fluxo, temporal e geográfico, de decisões no espaço urbano. Estes fluxos são vetores concentradores ou de dispersão, das atividades econômicas urbanas. Nossa proposta metodológica baseia-se em 2 aspectos a) caracterizar sob que circunstancias a rede de transporte como forma espacial constitui-se em MEIO, para a materialização destes fluxos num momento determinado, ou seja, como expressa as bases do movimento urbano (atratividade, custos incidentais e de fricção desigualmente distribuídos) e as lógicas dispare que determinam a mobilidade; e b) identificar sob que leis ou circunstancias a rede de

transporte regula o espaço, constituindo-se em RESULTADO da dinâmica social, o qual se espacializa em áreas de maior homogeneidade nos padrões de movimento, com um espaço-tempo próprios. A fragmentação socio-espacial que origina formas segregadas de mobilidade (Moreno, 1995a).

A dialética rede-território

As leis da «viabilidade universal», estiveram ocultas no urbanismo clássico e foram recuperadas no tempo por Ildefonso Cerda, F. Ll. Wright e M.-F. Rouge, até chegar à teoria moderna que procura recuperar o significado real da conexão urbana. Esta abordagem global das redes em sua relação com o território é denominada de urbanismo das redes (ou de «retistique» ou «reseautique territoriale») e se sustenta nos seguintes princípios:

- 1) A vida urbana é totalmente dependente de suas redes, no sentido de uma relação generalizada com o mundo;
- 2) O «habitat» do homem é auto-suficiente e dependente, cada vez mais, de um número crescente de redes;
- 3) As redes possuem um caráter essencial e estrutural, comum a todas: a sua territorialidade, apesar de toda particularidade setorial de cada rede;
- 4) O território aparece como o produto de uma dialética estabelecida entre o sistema territorial (urbano, regional, etc.) e sua correspondente rede;
- 5) O caráter essencial da territorialidade das redes expressa-se nas suas dimensões topológicas, cinéticas e adaptativas (sistêmicas). Três dimensões que se materializam e se combinam nas «propriedades reticulares» das redes em geral e de transportes em particular.

A topologia da rede, segundo Rouge in Dupuy (1991), aparece na necessidade de prestar serviço ou cobertura a múltiplos pontos. A topologia considera a rede como um conjunto, onde cada elemento novo (ligação ou nó) não aporta somente uma unidade a mais, senão valoriza a totalidade na qualidade da interconexão. A rede assegura a conexão máxima, se possível direta e múltipla, entre dois pontos do espaço, independente da sua localização, favorecendo assim a abertura do espaço urbano e a «descentralização». Na dimensão cinética, a rede define, ao mesmo tempo, o espaço e o tempo, estabelecendo entre eles uma nova relação fundamentada sobre a circulação, o fluxo, a velocidade, tendendo até a instantaneidade ou o tempo real. A rede é o novo território, regulado, desde o início, pela nova temporalidade dos fluxos, à medida da velocidade, e dominado pelo significado cinético. A rede é sempre o local de mutações da relação espaço/tempo, considerando a possibilidade de dispor desta

velocidade nos múltiplos pontos do espaço, sem que sua utilização se bata com obstáculos ou impedâncias. Neste sentido, a cinética está fortemente ligada à topologia e à dimensão adaptativa para mantê-la. A adaptatividade apresenta a visão sistêmica das redes e sua adaptação no tempo. Nos meios de transporte, deve-se considerar uma dupla adaptatividade em função da tecnologia e da estrutura urbana. Tal adaptação tem que considerar diversas escalas temporais e espaciais, na sua extensão e diversificação.

Considerando que a adaptatividade espacial condiciona a temporal. A dimensão adaptativa observa as possibilidades de modificação na natureza ou na estrutura das ligações ofertadas, considerando três escalas temporais: 1) a instantânea de oferta-demanda; 2) a previsão da sua capacidade limite em situações limites; e 3) as variações na natureza da demanda a longo prazo (processos).

Propriedades dos sistemas e redes territoriais

A teoria geral de sistemas possui grande utilidade para representar a função das redes no sistema urbano, mas também fecunda para determinar as modificações espaciais que estas redes podem produzir (Dupuy, 1985). As propriedades essenciais dos sistemas territoriais são a autonomia, a coerência, a permanência e, a organização.

- a) Autonomia: «Conjunto de intercâmbios recíprocos com o meio ambiente assegurando certo equilíbrio e independência». O sistema urbano será autônomo na medida em que favorece, da melhor forma, as transferências no seu interior, a partir de uma adequada solidarização dos seus elementos. O contrário favorecerá o fracionamento, o desequilíbrio das trocas e a dependência do meio ambiente físico, psicológico e social;
- b) Coerência: «Grau de interdependência de um conjunto de elementos ou subsistemas em interação». Esta definição expressa a lógica funcional do sistema. A rede relaciona a maior parte dos elementos, assegurando as transferências necessárias ao funcionamento do sistema no espaço-tempo. As transferências são garantidas e materializadas no espaço-tempo pelo desempenho da rede de transporte, fortalecendo determinados vínculos espaciais em relação a outros: a lógica funcional é também social;
- c) Permanência: «Conjunto de modificações mais ou menos profundas no tempo, para conservar e dar continuidade a determinadas relações». Esta definição expressa a lógica de processo no sistema. Neste sentido, a evolução e adaptação do sistema urbano face ao meio ambiente, ou para

abrange novas finalidades está vinculada ao seu poder regulador das relações sociais e espaciais por intermédio das redes; e d) Organização: «Conjunto de elementos e relações, diferenciados funcional e hierarquicamente, os quais, constituídos segundo uma certa estrutura sustentam uma finalidade». Esta definição expressa a lógica estrutural do sistema. A organização do sistema estabelece uma diferenciação de papéis para os diversos subsistemas de atividades, de acordo a uma «finalidade» que delimita o que há de acumular-se ou reproduzir-se nesses espaços. Existe uma estrutura hierarquizada de atividades, mantida por uma estrutura hierarquizada de vínculos espaciais no sistema urbano.

De maneira análoga às propriedades essenciais dos sistemas territoriais, as redes, em geral, possuem as propriedades reticulares. Tais propriedades reticulares são: a conectividade, a conectividade, a homogeneidade, a isotropia e a nodalidade.

a) Conectividade: é um conceito topológico que permite caracterizar a rede de relações entre subsistemas de uma rede territorial. Empiricamente, uma forte conectividade significa que as relações existentes interligam numerosos elementos, ou seja, a coesão e solidarização do sistema é grande, utilizando o conceito de conectividade simples, teríamos que definir a situação básica e limite aproximada para que um grafo planar seja considerado simplesmente conexo.

$$n-1 \leq \text{arestas} \leq 3(n-2)$$

$$\therefore s\text{-conex} = \frac{\text{arestas}}{3(n-2)}$$

n = número de nós

arestas = $\sum_{i} \rho_{ii}$ ou seja o somatório das arestas de um grafo não orientado

b) Conectividade: é um conceito desenvolvido a partir das redes de circulação. A conectividade permite, para uma rede conexa, avaliar a multiplicidade de ligações asseguradas no sistema pela rede. Definida no plano topológico, permite-nos avaliar: 1) as possibilidades de relação direta ofertadas pela rede; e, 2) as possibilidades de relação alternativa ofertadas pela rede. No caso de conectividade simples, baseados na teoria dos grafos,

apresentaremos os índices de avaliação α (alfa) e ∂ (gamma). Índice α (alfa): é uma avaliação da densidade de ligações existentes na rede de um grafo não orientado $G'(R)$ no que se refere ao número de ligações oferecidas. É a medida do número de circuitos existentes no $G'(R)$ em relação ao número máximo de circuitos que poderia apresentar um grafo com o mesmo número de nós.

$$(\text{grafo não planar}) \alpha = \frac{C}{C_m} = \frac{\sum_{i} \rho_{ii}^{i-n}}{\frac{(n+1)n}{2} - n}; (\text{grafo planar}) \alpha = \frac{C}{C_m} = \frac{\sum_{i} \rho_{ii}^{i-n}}{2n-3}$$

C = número de circuitos existentes.

C_m = número máximo de circuitos em relação ao número de nós.

Índice (∂) (gamma): mede a importância das ligações entre os elementos independentemente das ligações asseguradas pela conectividade, é também indicador da densidade de ligações. O índice gamma é a relação de arestas do $G'(R)$ ao número máximo de arestas possíveis para um grafo compreendendo o mesmo número de nós. Indicador importante para avaliar a qualidade do «layout» da rede a nível topológico.

$$(\text{grafo não planar}) \partial = \frac{\sum_{i} \rho_{ii}}{(n+1)n}; (\text{grafo planar}) \partial = \frac{\sum_{i} \rho_{ii}}{3(n-1)}$$

c) Homogeneidade: Reflete a maneira como os diferentes elementos do sistema dependem uns dos outros por intermédio da rede. Tudo isto independentemente das características particulares das ligações consideradas factíveis de afetar a correlação espaço-temporal. Existe um grau de homogeneidade em relação ao espaço, uma correlação espacial, e uma homogeneidade em relação ao tempo, uma correlação temporal, assim como uma homogeneidade do espaço-tempo, ou seja, uma correlação espaço-temporal;

d) isotropia: A isotropia (ou grau de isotropia) da rede significa que todas as ligações da rede são equivalentes do ponto de vista das relações asseguradas entre os elementos do sistema (ou com o meio ambiente). Podemos passar da correlação espacial à correlação temporal e reciprocamente, quando ocorre transferências de fluxos na rede, definindo

então, uma velocidade de circulação ou de transmissão, a qual integra as r_{ij} (relações) e os processos de transformação (entrada-saída) dos elementos do sistema (nós). Se esta velocidade V é quase constante sobre toda a rede, as correlações espaciais e temporais o são também. A introdução da variável temporal e da velocidade de circulação permitem caracterizar globalmente o papel da rede em relação ao sistema territorial., possibilitando construir índices adequados com este fim (isotropia, anisotropia, homogeneidade e, heterogeneidade). A velocidade de circulação equivale ao quociente entre a coluna somatória obtida de uma matriz O-D de distâncias em km. e a coluna somatória obtida da mesma matriz, mas com os respectivos tempos em horas, ou seja, é a divisão de duas matrizes (Km/h) que se resume no seguinte:

$$V_i = \frac{\sum_i dij}{\sum_i tij}$$

v_i = velocidad de circulação em i

d_{ij} = distancia em Km. de i até j

t_{ij} = tempo em horas de i até j

e) Nodalidade: A nodalidade permite caracterizar os nós da rede do ponto de vista de sua capacidade para facilitar as relações no sistema. A nodalidade diferencia os elementos do sistema em relação às possibilidades de ligação que eles oferecem uns aos outros. Um índice conhecido de nodalidade é a Matriz de acessibilidade nodal, a qual além das propriedades topológicas e estruturais, esta matriz considera a correlação espaço-temporal assegurada pela rede no sistema territorial, correspondendo ao caso de associar a uma rede R um grafo valorado $G(R)$. Um valor é, assim, atribuído a cada ligação como, por exemplo, o tempo de percurso. Nós elevamos a matriz L (matriz que contém a informação do grafo valorado) à potência 2, para determinar a acessibilidade nodal de ordem 2, mas em lugar de multiplicar por ela mesma como seria:

$$\sum_m X_{im} Y_m$$

Calculamos : $X_{im} + Y_{mj}$ determinando então, na matriz o $\text{Min}_m (X_{im} + Y_{mj}) = l_{ij2}$; l_{ij2} é o mínimo valor obtido na somatória de

uma linha X_i por uma coluna Y_j , valor que é alocado na interseção de ambas. Procedemos assim até preencher toda a matriz e obter a matriz L^2 e continuamos igual para L^3, L^4, \dots, L^p até que, $L^p = L^{p+1}$ o que indica a finalização do procedimento. O vetor de acessibilidade nodal, estabelece a hierarquização entre os nós, e é obtido pela soma das linhas da matriz final, L^p . A nodalidade combinada com a acessibilidade (tempo de percurso) permite observar polarizações que não são tão evidentes. A hierarquização, para este caso, está em função do tempo mínimo de transferência e o vetor determinará qual nó está em melhor posição no sistema, considerando a correlação espaço-temporal fornecida pela rede, em outras palavras, a partir deste nó nos deslocaremos aos outros sempre no menor tempo.

O espaço como produto da dialética rede-território

O espaço urbano determina as redes de transporte, mas estas produzem também o seu próprio espaço, baseando-se na combinação particular de suas propriedades reticulares. Nisto se fundamenta o poder instrumental destas formas espaciais. A correspondência dialética entre as propriedades essenciais do território e as propriedades reticulares das redes é apresentada na matriz da fig. 2 (Dupuy, 1985). Metodologicamente podemos avaliar o impacto espacial do desempenho destas redes e estabelecer propostas, considerando os indicadores das propriedades reticulares:

a)A Autonomia do sistema territorial urbano, corresponde ao maior grau de conexidade existente entre seus elementos. A rede de transporte solidariza

FIGURA 2

MATRIZ

SISTEMA/REDE

Sistema territorial

		Autonomia	Permanência	Coerência	Organização
Rede	Conexidade	*	*	*	*
	Conectividade		*	*	*
	Isotropia			+	*
	Homogeneidade			+	*
	Nodalidade				*

* : relação principal

+ : relação secundária

as áreas urbanas, promovendo a coesão. A dependência reflete-se na carência de ligações ou meios de transporte, em direção aos pontos de atração existentes. A espacialidade das metrópoles latino-americanas não distribui o mesmo nível de autonomia nos seus sub-espacos. Existe a relação centro-periferia, que configura espacos de maior ou menor organização em relação à infra-estrutura. Fazendo uso dos índices de conexidade podemos conhecer a densidade de conexões potenciais existente.

b) A Coerência do sistema urbano apresenta-se na dimensão topológica e secundariamente, na dimensão cinética da rede de transporte, as quais expressam, como se distribui a correlação espaço-temporal na cidade. Deste modo, a rede garante a complementaridade das atividades urbanas com as suas transferências e com o seu funcionamento. No caso de uma coerência funcional uniforme, não deveriam existir no espaco urbano, os «déficits» nos serviços de transporte, a fraca acessibilidade de determinados grupos sociais, a desigual qualidade do serviço, as formas segregadas de mobilidade, a fricção espacial e os congestionamentos. No espaco urbano, coexistem duas lógicas funcionais na mobilidade, isto se expressa nas diferentes conjunturas de deslocamento. Utilizando os índices de conexidade, conectividade, homogeneidade e isotropia podemos espacializar estas duas situações na sua dimensão topológica e cinética. Isto evidenciará a descontinuidade e fragmentação do espaco urbano.

A Permanência de uma determinada organização espacial, assim como o contexto de relações sociais no sistema urbano é fortemente influenciada pela qualidade da concepção das redes de transporte e de comunicações. Pode-se, dessa forma, medir a redundância nas possibilidades de deslocamento e os caminhos alternativos, o qual impacta nas possibilidades futuras de desenvolvimento, das áreas urbanas. A capacidade de adaptação e flexibilidade do conjunto das ligações ofertadas pela rede de transporte público está desigualmente distribuída no espaco urbano latino-americano. A qualidade das configurações proporcionam fricções que condicionam a mobilidade urbana presente e futura, promovendo a «permanência» no tempo de áreas urbanas com um baixo nível de serviço. Isto pode ser examinado através dos valores da conexidade e, particularmente, do índice gamma de conectividade, que avalia a qualidade topológica das ligações.

A Organização do sistema territorial urbano mobiliza todas as propriedades reticulares, segundo a lógica do que se quer avaliar. A conexidade é uma

propriedade de base e nos permite observar a distribuição da rede de transporte no espaco. A conectividade, nos permite observar a densidade dos circuitos ofertados e as amplas alternativas de ligação existentes. A homogeneidade mostra o significado temporal e espacial do seu funcionamento, o qual se expressa na sua eficácia, eficiência e efetividade para os deslocamentos. A isotropia é um indicador mais específico, delimitando no caso de pouca homogeneidade, as fronteiras com diferente correlação espaco-tempo e definindo que sub-redes são usadas, com impedâncias ou sem elas, o que tem amplo significado social e econômico porque estas sub-redes sustentam a realização de atividades urbanas e vínculos espaciais. Por último, fica a nodalidade que com o índice de acessibilidade nodal, nos permite conhecer os pólos ou as posições de privilégio no espaco em função das ligações topológicas e cinéticas existentes. Ou seja, aqueles nós de ótima localização no espaco-tempo criado pela rede de transporte, novos espacos para a acumulação.

A existência de dualidade nas propriedades de autonomia, coerência e permanência do sistema territorial urbano, sustenta e explica a organização desigual do espaco nas grandes cidades latino americanas, ou seja, o desenvolvimento geograficamente desigual, que se reproduz via as relações espaco-tempo heterogêneas, na vida e nos deslocamentos cotidianos, por exemplo, a extensão e concentração no tempo das viagens urbanas, origina o conflito de uso do espaco de circulação no centro desvalorizando-o gradativamente e questiona o valor real do tempo dos moradores da periferia.

O desempenho das redes e as forças de concentração-dispersão

A rede de transporte pode ser analisada considerando também considerando o jogo dialético estabelecido entre massas, fluxos e tempo e as forças de concentração e dispersão no espaco urbano, tendo como base a pesquisa de Santos (1979): a) As massas são o resultado da presença dos homens, de seu trabalho e de seus movimentos, as massas são a população e suas atividades, porém, a população está diferenciada social e funcionalmente na conjuntura do deslocamento como produtor e consumidor, de acordo a sua inserção no espaco urbano como produtor e consumidor, além disso, a população não é somente uma massa móvel e dinâmica, é também um

fator gerador de fluxo; b) Os fluxos no espaço urbano são as práticas sociais (econômicas, políticas e ideológicas) cujas decisões definem vetores, os quais, constituem historicamente uma matriz válida para a configuração futura da rede de transporte. A rede é a expressão dos fluxos do momento e o Meio e o Resultado (como forma espacial). Para os fins da rede de transporte público os fluxos de formação (e de transformação) são: as bases do movimento e as lógicas que determinam a mobilidade (ver cap. II); c) O tempo é interpretado na sua dimensão social, ou seja, como o espaço-tempo está distribuído na cidade e, que valor real possui este fenômeno para os distintos usuários da rede. O tempo pondera massas e fluxos, com um grau de modernismo ou arcaísmo, de estabilidade ou instabilidade, o tempo assim reflete-se na vida quotidiana como condicionante para dinamismos futuros.

A rede de transporte é a expressão física e concreta da vontade de canalizar a mobilidade social como fator de massa pelos fluxos de decisão. Mas, esta canalização não é homogênea no espaço, fragmentando-o em sub-espacos onde o tempo possui diferente significado social. A articulação destes 3 fatores favorece a concentração e dispersão de atividades e capitais, apresentando 3 particularidades, úteis na proposta metodológica:

1) Se a concentração ou a dispersão dependem de como estão organizados os fatores de massa, fluxo e tempo na rede, cada fator de massa (população, atividades ou capitais) é inegavelmente suscetível de uma tendência à concentração ou à dispersão, segundo a maneira pela qual se apresentam os dois outros fatores: fluxo e tempo. Neste sentido, a rede de transporte é um instrumento que contribui na produção de áreas urbanas seletivas, descentralizadas, especializadas, em processo de deterioração, etc. Isto expressa-se na mobilidade do capital na procura de novos espaços, a qual é seguida da mobilidade das atividades e logo da população;

2) Este mecanismo também nos permite analisar o amplo poder instrumental das redes de transporte como forma espacial, favorecendo a compreensão das causas da perda total ou parcial do papel central do centro de uma metrópole e o nascimento de novos centros funcionais nos espaços de melhor correlação espaço-temporal; e

3) A população, como um fator de massa geradora de novos fluxos, se articula com o comportamento dialético da rede de transporte no espaço

urbano, participando da dinâmica de concentração e dispersão de atividades e capitais, favorecendo assim os processos espaciais que alteram o uso do solo. Este último caso pode ser observado particularmente no papel do transporte como indutor do varejo, onde observamos que pontos de maior nodalidade são preferidos como posição estratégica dos shoppings centers entanto, nos corredores de baixa velocidade para o transporte público, observamos coesões de varejo seletivas ou populares. «O transporte atrairá normalmente a localização do varejo com força violenta na razão direta do seu volume e inversa de sua velocidade» (Bodmer et al., 1978).

■ AVALIAÇÃO DA REDE DE TRANSPORTE DE LIMA METROPOLITANA

Procuramos explicar como a configuração das relações espaço tempo, provocada pelas redes de transporte urbano, impacta na localização de populações, atividades e vínculos espaciais. Por conseguinte, organizamos o presente estudo de caso em 4 etapas: a descrição da área de estudo; a caracterização do uso do solo; o cálculo dos índices das propriedades reticulares mostrando a sua correspondência com o funcionamento do sistema territorial e, por último, as conclusões do caso.

Descrição da área de estudo

Nossa área de estudo é a cidade de Lima, capital do Perú, a qual na sua área metropolitana possui uma população de aproximadamente 7 milhões de habitantes. Esta metrópole foi produto da conurbação da cidade de Lima e seu porto, a cidade do Callao. Lima metropolitana apresenta todas as características do processo de metropolização subdesenvolvida das cidades do terceiro mundo. É uma cidade litorânea que polariza o espaço nacional, constituindo-se no centro principal dos processos migratórios. A região metropolitana também apresenta, no seu interior, características de elevada concentração, estrutura físico-espacial monocêntrica e crescimento urbano desordenado (Plano de desenvolvimento metropolitano - PlanMet 1990-2010). Este modo particular de assentamento apresenta as seguintes características:

a) A metrópole Lima-Callao apresenta uma forma irregular, extensiva, desintegrada e heterogênea, observando-se as maiores concentrações urbanas e econômicas no eixo Lima-Miraflores; b) Na metrópole, a maior

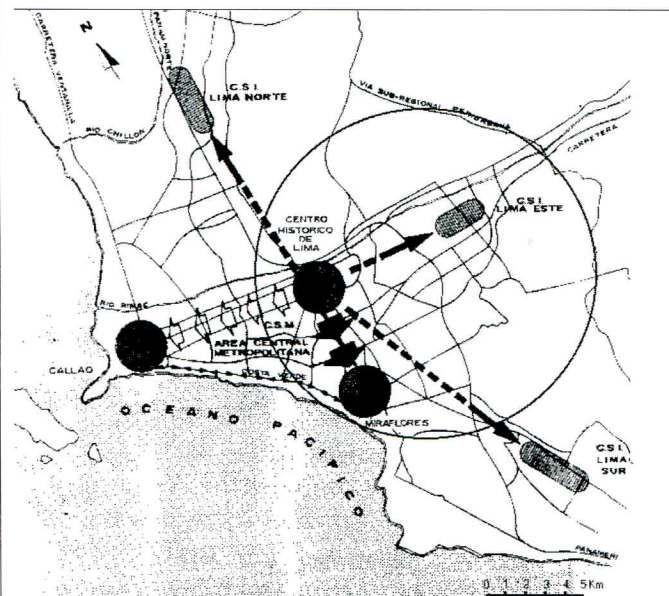
dinâmica de crescimento se apresenta na sua periferia, sob modelos informais de ocupação do solo e moradia. A marginalidade destas áreas se contrapõe ao gradativo deterioro do centro histórico; e, c) A circulação de pessoas e bens na metrópole se apresenta como caótica e insuficiente, 60% das rotas de transporte operam na área central fornecendo um baixo nível de serviço à demanda metropolitana de 10 milhões de viagens urbanas (segundo dados de 1990). Face à organização espacial monocêntrica, ramificada e de baixa densidade, e com a finalidade de reordenar as tendências de crescimento desequilibrado da metrópole, o plano de desenvolvimento metropolitano 1990-2010 formula a proposta de ordenamento físico-espacial metropolitano a longo prazo, mostrado no mapa 1.

Este modelo policêntrico considera 4 grandes áreas urbanas: uma área central metropolitana de forma triangular conformada pelo centro histórico de Lima, Miraflores e o porto de Callao nos vértices e 3 áreas urbanas

MAPA 1

Esquema de desconcentração funcional-territorial metropolitana

Fuente: Instituto Metropolitano de Planificación



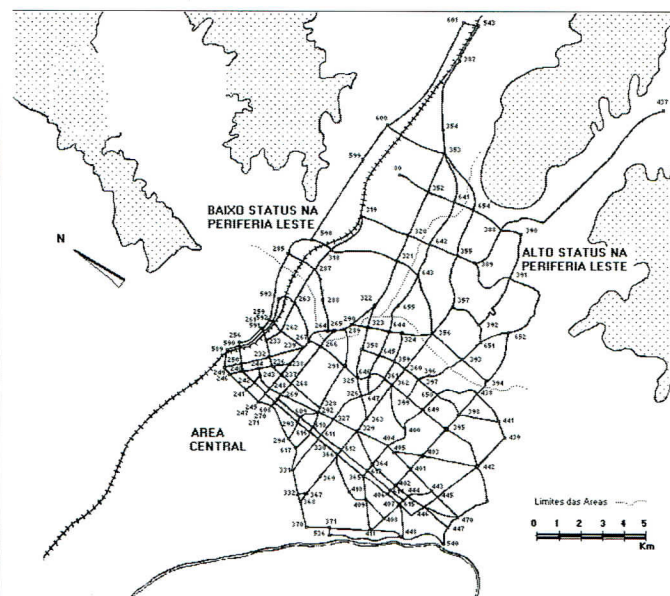
desconcentradas denominadas Lima Norte, Lima Leste e Lima Sul, que albergariam os futuros subcentros destas periferias. O eixo Lima - Miraflores polariza social e economicamente as periferias mencionadas e a área do Callao. Nossa área de estudo está delimitada pelo eixo central Lima-Miraflores e a periferia do Leste a que delimitamos no mapa 1 com um círculo. A periferia do Leste foi escolhida em relação às outras áreas periféricas por possuir, como característica principal, o fato de acolher grupos populacionais com características sócio-econômicas altamente diferenciadas de classes de renda baixa, média até alta, os quais se reproduzem em espaços segregados e em áreas seletivas ou autosegregadas.

No mapa 2 apresentamos a rede viária parcial codificada. Esta rede foi desenhada a partir de informações do Plan Met. Baseado nesta rede, configurou-se posteriormente uma rede esquemática com o sistema de informação geográfica Transcad. Não podemos qualificar todos os elementos

MAPA 2

A área de estudo na rede viária codificada

Fuente: Instituto Metropolitano de Planificación



desta rede como corredores de transporte público, mas com certeza que por ela percorrem a totalidade de rotas de transporte público na área de estudo. Neste mapa delimitamos os elementos da rede que pertencem à «área central metropolitana» e daqueles que correspondem as periferias do Leste, de «baixo status» (classe de renda predominantemente baixa) e de «alto status» (classe de renda predominantemente alta).

Caracterização da ocupação e do uso do solo

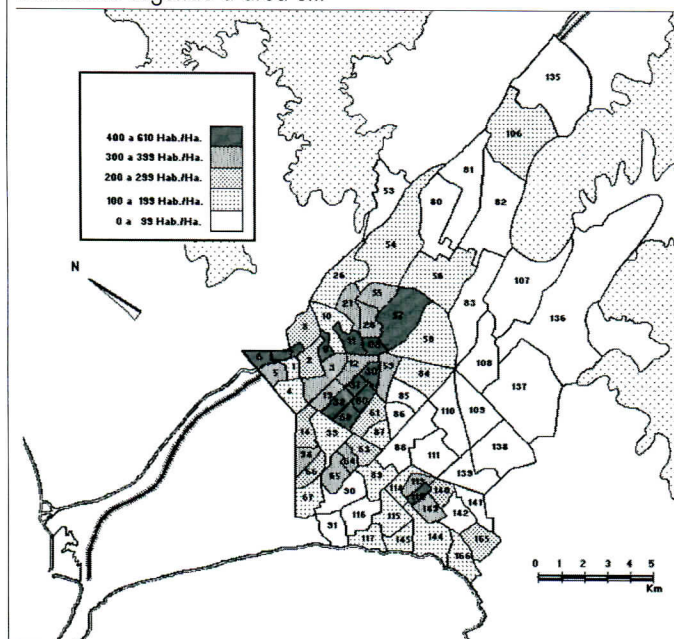
A seguir, analisaremos nas três áreas delimitadas, os padrões de ocupação e uso do solo urbano. Esta informação foi organizada por zonas de tráfego. A densidade segundo área útil considera os habitantes por hectare nas áreas habitadas para fins urbanos no interior de cada zona de tráfego. Podemos observar que as maiores densidades populacionais residenciais estão distribuídas como conformando um corredor desde a área periférica de baixo status em direção ao centro histórico. Isto se observa nas zonas 57, 29, 11 e 9 (ver mapa 3) assim como nas zonas 30, 31 e 32: a) Foram

encontradas muito próximas ao Centro histórico de Lima, as maiores densidades populacionais, nas áreas de baixo status na periferia Leste, assim como, na área periférica do centro; b) Estas áreas de alta densidade correspondem a distritos populares antigos consolidados, mas em avançado processo de deterioro, por causa da saturação dos serviços públicos e infra-estruturas (La Victoria), assim como, a distritos populares marginais de história mais recente e de padrão informal na ocupação do uso do solo, ou seja, com baixo padrão de consolidação e de serviços (El Agustino, etc.);

c) As menores densidades estão distribuídas na parte sul do eixo Lima-Miraflores, assim como, na direção da área de alto status na periferia Leste, apresentando padrões residenciais predominantemente unifamiliares, menores a 99 hab./ha; d) Estas áreas de baixa densidade correspondem a distritos altamente consolidados, com boa alocação de serviços e investimentos, assim como, de classe de renda média-alta e alta, com exceção das zonas 112, 113, 120 e 143, que correspondem a Surquillo

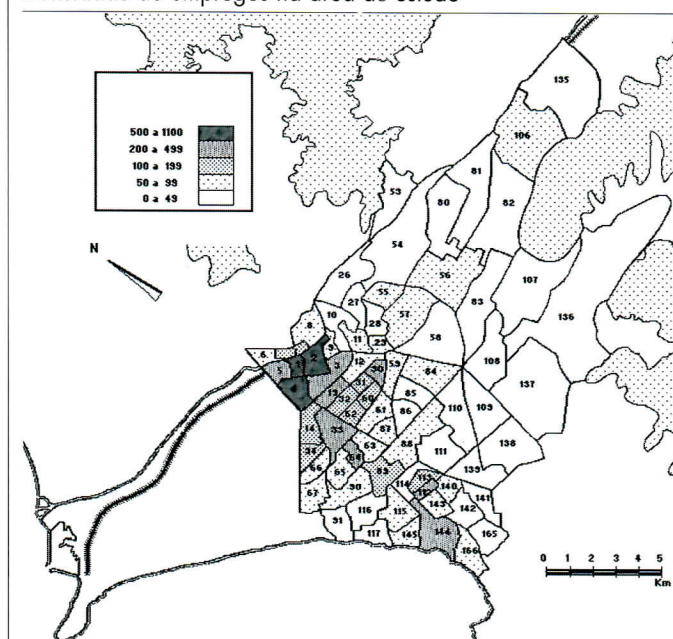
MAPA 3

Densidade segundo a área útil



MAPA 4

Densidade de empregos na área de estudo



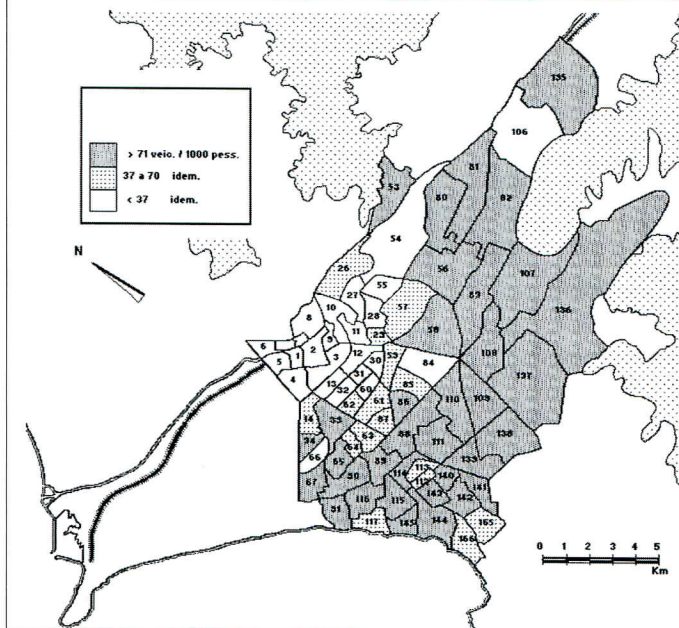
um distrito popular antigo, preenchido de atividades industriais ligeiras e cortiços.

Em relação à densidade de empregos por hectare na área de estudo, podemos observar a importância do centro histórico como aglomerador nas zonas 1, 2, 3, 4 e 5 (ver mapa 4) mas também se percebe o seguinte: a) A importância do centro de Miraflores (zona 144) e de parte de Surquillo (zonas 112 e 113) como fornecedores de emprego, polarizando a importância do centro histórico, por causa de receber gradativamente um maior número de estabelecimentos comerciais, institucionais e escritórios; b) A existência de um corredor com maior densidade de oportunidades de emprego no eixo norte-sul formado por Lima e Miraflores (zonas 33, 64 e em menor importância, a zona 89, a qual pertence a San Isidro).

c) A importância do distrito de La Victoria (zona 30) como fornecedor de empregos. Constituído na área periférica imediata ao centro, aproveita as

MAPA 5

Índices de motorização



vantagens de sua localização como ponto de contato entre a área central e a periferia de baixo status do Leste. Porém, nesta zona, se aglomeram os comércios por atacado os quais favorecem atividades econômicas informais de comércio, serviços e oficinas.

O índice de motorização é importante indicador sócio-econômico e expressa onde existe uma maior individualização dos meios de transporte e da acessibilidade (ver mapa 5). Neste sentido podemos observar com clareza o seguinte: a) Que, às áreas de elevada densidade populacional residencial, geralmente correspondem baixos ou muito baixos índices de motorização (veículo privado). Sendo portanto estas áreas as que estabelecem maiores demandas por transporte coletivo eficiente; b) As áreas de baixa densidade populacional residencial e elevado grau de consolidação apresentam os melhores índices de motorização. Configurando portanto o cenário das demandas por transporte privado; c) Os pólos de emprego de Lima e Miraflores estão diferenciados porque ao primeiro corresponde um baixo índice e ao segundo um alto índice de motorização individual.

Por último, o valor do solo, expressa o comportamento histórico dos agentes na produção do espaço e como este é meio e resultado da ação social (dinâmica urbana). Podemos observar as seguintes características: a) Os maiores valores do solo correspondem às zonas consolidadas com melhores serviços e de classe de renda média-alta e alta, ou seja, os distritos com baixa densidade residencial, geralmente baixa densidade de empregos e alto índice de motorização (veículo privado) localizados ao sul e sudeste da área de estudo (ver mapa 6); b) Os piores valores estão nitidamente alocados nas zonas da área de baixo status na periferia Leste e nas zonas da área periférica imediata ao centro (distritos ou bairros populares antigos); c) O centro histórico (zonas 1, 2, 3, 4 e 5) conserva bons valores, pela importância das atividades nele mantidas, como, comércio, cultura, gestão, etc.; d) É importante destacar a importância de Miraflores (zonas 144 e 145) e de San Isidro (zona 89), nas quais o valor do solo é maior que o do próprio centro histórico, porque, na atualidade, estão acolhendo um grande número de atividades de natureza econômica, financeira e cultural, configurando-se no tempo como um subcentro especializado, um espaço de elite.

Em resumo, podemos observar com clareza a profunda fragmentação do espaço metropolitano, o qual apresenta duas particularidades que acontecem

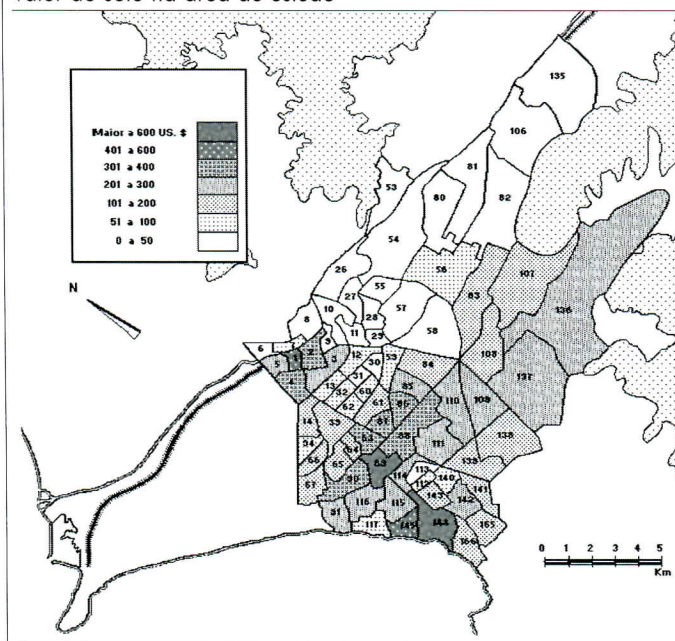
simultaneamente: 1) A fragmentação do espaço urbano como produto da relação centro periferia que diferencia a área central com distritos antigos e consolidados da periferia leste urbano-marginal ou de elevado status, ou seja, a polarização originada pelo eixo Lima-Miraflores, o qual se observa no emprego, densidades e valor do solo. 2) A fragmentação, que complementa a anterior, vinculando a área de baixo status na periferia leste com os distritos populares antigos na periferia imediata ao centro histórico e com o mesmo centro histórico. Enquanto que, ao sul da área de estudo, a área de alto status apresenta maior correspondência com os distritos consolidados e modernos da área central e Miraflores (a parte sul do eixo Lima-Miraflores). A seguir avaliaremos a participação histórica da rede de transporte neste processo.

O cálculo dos indicadores

Para o cálculo dos indicadores das propriedades reticulares das redes de transporte, as informações tiveram que ser organizadas e processadas com a finalidade de construir uma base de dados composta de nós e ligações

MAPA 6

Valor do solo na área de estudo



(rede), usando dados relativos a velocidade pública, tempo de viagem, etc. Após a análise matemática dos indicadores, utilizaram-se comandos do GIS para visualizar, selecionar e/ou agrupar as informações, segundo o caso. No cálculo dos indicadores de conexidade e conectividade, trabalhou-se considerando as ligações como arestas, ou seja, ligações não orientadas, fazendo uso das formulas apresentadas no capítulo III. A rede em estudo corresponde a um «grafo planar não orientado», uma rede na qual as arestas não se superpõem.

A área de estudo foi dividida em 3 grandes sub-redes (ver mapa 2) as quais analisamos de maneira individual e associadas, por exemplo, a rede 4 estuda a relação existente entre a área central metropolitana e a área de baixo status na periferia leste; a rede 6 avalia exclusivamente a área de alto status na periferia leste; etc. (ver fig. 3). A partir destas possíveis combinações na associação das redes, construímos uma tabela - resummum do cálculo dos indicadores de conexidade simples e conectividade nos seus índices α e β . Estes valores foram organizados procurando uma ordem decrescente, mas descobrimos as seguintes particularidades:

1) Se bem é certo que as redes 1 e 2 são as mais importantes, porque contêm a totalidade da área de estudo e a área central metropolitana respectivamente, é importante destacar que a área central apresenta maior correspondência e conexão com a área de alto status na periferia leste, ou seja, a rede 3; isto significa que topologicamente existe uma solidarização maior entre o centro e a área de alto status (de classe de renda alta), em relação da área de baixo status segregada. 2) A área de alto status na periferia leste, ou seja, a rede 6, possui melhores indicadores de

FIGURA 3

Conexidade e conectividade na área de estudo

nós	arestas		S-conex	alfa	gama
148	252	Rede 1 Centro + periferias no Leste	0.578	0.361	0.575
109	184	Rede 2 Área central	0.577	0.357	0.573
126	212	Rede 3 Centro + Alto Status na periferia Leste	0.573	0.352	0.570
131	219	Rede 4 Centro + Baixo Status na periferia Leste	0.569	0.346	0.566
39	56	Rede 5 Duas periferias no Leste	0.514	0.247	0.505
17	23	Rede 6 Alto Status na periferia Leste	0.535	0.241	0.511
22	28	Rede 7 Baixo Status na periferia Leste	0.483	0.179	0.466

conexidade e índice ∂ de conectividade que toda a área periférica do leste em que está contida (rede 5: as duas áreas periféricas do leste); o qual se interpreta como um elevado grau de solidarização nos seus elementos em relação a esta sub-rede, assim como, importância e qualidade nas suas ligações avaliando as características da configuração da rede 6.

3) Por último, observamos que a área de baixo status apresenta sempre baixos indicadores topológicos, tanto na sua associação ao centro assim como individualmente, isto pode-se conferir nas redes 4 e 7, o qual expressa preliminarmente a existência de uma débil solidarização dos vínculos espaciais das áreas segregadas em relação ao centro e, uma deficiente concepção sistêmica e configuração da rede que corresponde aos grupos sociais de baixo status. Por conseguinte, a análise dos indicadores topológicos de conexidade e conectividade das redes de transporte, favorece o reconhecimento das primeiras homologias socio-espaciais no território urbano.

Para a representação da maior ou menor homogeneidade nos deslocamentos, tratamos as informações sobre os tempos de viagem e velocidades do transporte público na rede. No mapa 7, podemos observar a correlação temporal na rede, ou seja, como os tempos de deslocamentos não são

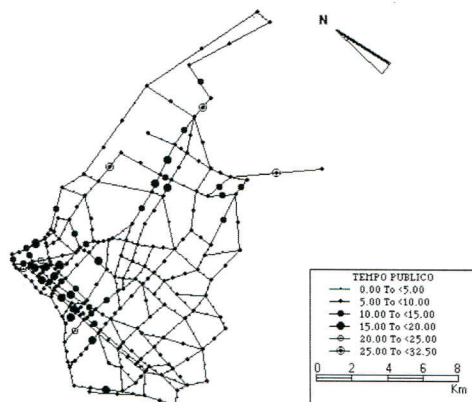
homogêneos e que as impedâncias estão desigualmente distribuídas no espaço, com pontos de concentração no centro histórico e nas áreas de baixo status na periferia leste. No mapa 8, apresentamos a correlação espaço-temporal assegurada pela rede aos seus diversos elementos e podemos observar como as melhores velocidades estão organizadas em oposição com o mapa anterior, com vantagem para a zona sul do eixo Lima-Miraflores e que se estende em direção à área do alto status na periferia leste. Em resumo, as transferências viabilizadas pela rede de transporte não são homogêneas nem topológica nem cineticamente, o que nos permite evidenciar preliminarmente, a dualidade na coerência funcional, descontinuidade e homologias sociais.

Com a finalidade de caracterizar o papel da rede na fragmentação deste sistema territorial, calculou-se a isotropia existente. Ou seja, como a correlação espaço-temporal está distribuída no território. Efetuamos, então, o cálculo da velocidade de circulação ou de transmissão entre os diferentes nós. Se a velocidade de circulação é constante, estamos face a uma situação de «isoacessibilidade» total. No caso contrário, a isoacessibilidade, em seus diferentes níveis, nos permitirá observar a anisotropia do espaço provocada pelo comportamento da rede. Com o uso do software matemático «Matlab»,

MAPA 7

Correlação temporal. Avaliação da homogeneidade

TransCAD 2.1 - (c) 1992 Caliper Corp. All Rights Reserved.

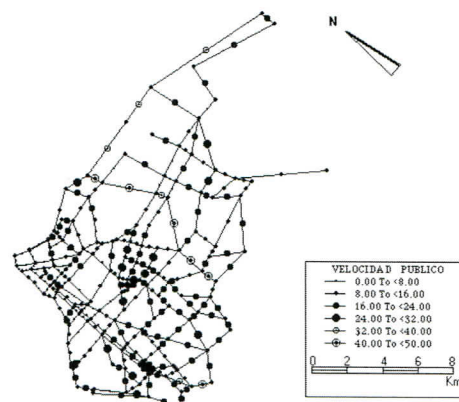


Database-Rede Viaria Parcial de Lima Metropolitana Layer-RUAS / L

MAPA 8

Correlação espaço-temporal. Avaliação da homogeneidade

TransCAD 2.1 - (c) 1992 Caliper Corp. All Rights Reserved.



Database-Rede Viaria Parcial de Lima Metropolitana Layer-RUAS / L

criamos o programa para o desenvolvimento das matrizes e o vetor solução ou de isoacessibilidade foi trasladado ao sistema de informação geográfica.

Espacializamos a isoacessibilidade com o uso do GIS e obtivemos o mapa 9. Podemos observar que a distribuição dos 3 valores menores de velocidade (1, 2 e 3) definem com nitidez um corredor de baixa correlação espaço-temporal (0 a 15 km/h) que parte do extremo da área de baixo status na periferia leste e se integra estreitamente com o centro histórico por um acesso identificado e próprio, que corresponde aos bairros populares antigos do centro, para logo envolver a totalidade do centro e parte do eixo Lima-Miraflores.

Por outro lado, na parte sul e sudeste (Miraflores, San Isidro e áreas de alto status), observamos os melhores indicadores da velocidade do transporte público indicando que, a rede com seu comportamento, participa também na boa correlação espaço-temporal destas zonas, ou seja, da sua acessibilidade e valorização.

Como produto da combinação das propriedades reticulares de homogeneidade e isotropia, podemos espacializar a descontinuidade-deformação do espaço-tempo produzido pelo desempenho da rede de transporte, o qual observamos no mapa 10. Esta situação de anisotropia pode-se interpretar

como a percepção do espaço-tempo criado pela rede por parte dos diferentes usuários do sistema de transporte. Espaço-tempo que estabelece uma serie de impactos favoráveis ou desfavoráveis no território, ou seja, o efeito barreira para a reprodução dos grupos sociais e dos seus espaços.

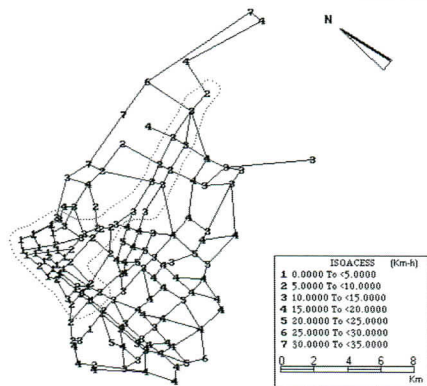
As zonas que possuem melhor correlação espaço-tempo apresentam uma situação de vantagem no sistema territorial e, mediante o cálculo da nodalidade, poderemos determinar as posições de destaque na área de estudo em função da topologia e cinética das ligações ofertadas pela rede de transporte público. Com este fim, construímos a matriz da acessibilidade nodal, sendo o tempo de viagem pelo transporte público entre os nós o fator que nos permitirá encontrar os pólos hierárquicos da rede, ou seja, a partir de que posição poderíamos percorrer a rede em sua totalidade no menor tempo em minutos. Com o uso do software matemático e a partir de uma base de dados que contém o tempo em minutos determinamos o «vetor de acessibilidade nodal», o qual é trasladado à coluna nodalidade do GIS. A informação foi representada no mapa 11, com base no qual podemos inferir o seguinte:

1) A melhor posição em relação à configuração do espaço-tempo corresponde ao nó n° 356 que polariza a rede de nossa área de estudo, sendo este nó a porta de acesso às áreas de alto status na periferia leste, em uma área residencial de elevado valor do solo, onde na atualidade foi construído um dos maiores intercâmbios viários da América do Sul; 2) Dois sub-pólos estão localizados próximos à área de alto status (643 e 393) e um terceiro aparece na parte sul da área central, próximo a Miraflores (403) em áreas de maior consolidação e nível de serviços.

MAPA 9

Isoacessibilidade. Avaliação da isotropia

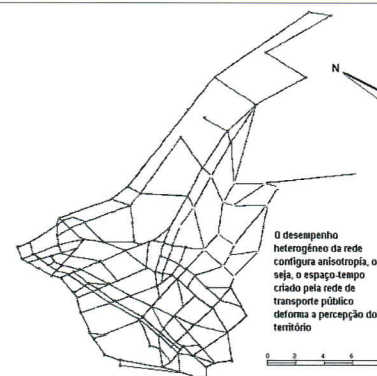
TransCAD 2.1 - (c) 1992 Caliper Corp. All Rights Reserved.



Database-Rede Viaria Parcial de Lima Metropolitana Layer-NDS / LI

MAPA 10

Avaliação da Homogeneidade e Isotropia



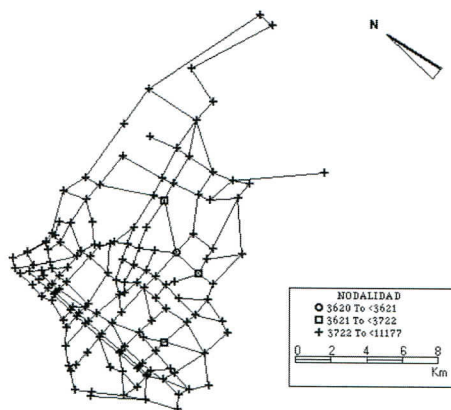
Conclusões do caso

a) As diferenças de mobilidade urbana para os vários grupos sociais e regiões distintas da cidade são evidenciadas com clareza no cenário descrito. O «efeito barreira» sobre a mobilidade pode ser identificado pelos indicadores topológicos e cinéticos das propriedades reticulares das redes de transporte, ou seja, o desempenho das redes de transporte apresenta homologias com os usos do solo e os grupos sociais assentados. A adaptatividade do sistema territorial possui um significado socio-espacial, promovendo a segregação espacial através das formas segregadas de mobilidade, oriundas da rede com sua heterogeneidade e forte anisotropia, onde os grupos sociais são alocados de acordo às leis do mercado, reforçando o processo. Neste contexto, os vínculos espaciais das classes de baixa renda estão dirigidos em direção ao centro metropolitano e à área periférica do centro, cenários do transporte coletivo e transbordos em massa, das coesões de oficinas e comércio informais, dos atacadistas, das concentrações, externalidades e deterioro, nos quais o transporte informal supre as deficiências do transporte coletivo, entretanto, os vínculos espaciais dos grupos de status estão dirigidos em direção à parte sul do eixo Lima-Miraflores, fazendo uso de uma rede de infra-estruturas e tráfego melhor planejada, ao serviço do automóvel, estruturada com maiores investimentos.

MAPA 11

Isoacessibilidade. Avaliação da isotropia

TransCAD 2.1 - (c) 1992 Caliper Corp. All Rights Reserved.



Database-Rede Viária Parcial de Lima Metropolitana Layer-NDS / LI

Como foi observado pelas variações dos índices de conectividade, conectividade, homogeneidade e isotropia, é possível inferir o potencial da rede de transporte como instrumento de organização espacial. A isoacessibilidade nos permite avaliar a anisotropia do espaço, seu fortalecimento e reprodução no spine elite sector. Estes indicadores mostram uma facilidade de deslocamento acentuada entre as áreas residenciais de alta renda com o novo centro financeiro e comercial. Existem portanto, diferentes condições de mobilidade nas diversas regiões da área urbana considerada, superpostas às homologias espaciais identificadas.

b) As redes de transporte, constituem-se em meio e resultado da dinâmica social provocando, em função de suas características e desempenho, polarizações no contexto espaço-temporal. Com isso, pólos funcionais de elevada acessibilidade nodal podem favorecer o desenvolvimento de padrões diferenciados de uso do solo, implementando a sua valorização como produto da acessibilidade garantida pelo sistema de transporte urbano, favorecendo também a mobilidade do capital.

CONCLUSÕES FINAIS

A relação estabelecida entre as redes de transporte e seu uso do solo associado, pode ser interpretada propondo um sistema de relações dialéticas do global até o específico, para a análise e avaliação do desempenho das redes de transporte na sua dimensão territorial e suas implicações na produção do espaço. No contexto deste sistema de relações consideramos em primeiro lugar a dialética sócio-espacial, visando analisar o poder instrumental da rede de transporte como forma espacial, para a transformação do espaço-tempo social. Num segundo nível observamos que esses poder e portanto, o espaço, se sustenta na dialética estabelecida entre a rede e o território, por último definimos uma relação dialética específica, associando o papel da rede de transporte coletivo, com as forças de concentração-dispersão no espaço urbano.

A importância de nossa análise para o planejamento urbano e dos transportes baseia-se na identificação das leis e mecanismos com as quais as redes de transporte configuram as relações espaço-temporais no

seu território, determinando modificações na localização de indivíduos e atividades urbanas a causa da valorização ou desvalorização do solo. Identificou-se que a rede de transporte com sua topologia desigual, heterogeneidade e anisotropia, apresenta homologias com os usos do solo e os grupos sociais assentados, implementando o padrão espacial de segregação latino-americano. A dinâmica de transformação do uso do solo e padrões de tráfego pode ser analisada interpretando a participação da rede

de transporte no processo espacial. Neste sentido, a abordagem apresentada constitui-se numa alternativa para a análise da previsão dos padrões de tráfego existentes e futuros na área urbana e do seu uso do solo associado. Podendo-se implementar cenários para a tomada de decisão, que procurem por exemplo, a desconcentração e/ou reordenamento das atividades urbanas, associada à intervenção na estrutura ou natureza das ligações ofertadas pela rede de transporte.

BIBLIOGRAFIA

- BAILLY, S.
1975
La organización urbana. Teoría y modelos.
Madrid: Ed. Nuestra Cultura.
- BODMER, P. et al.
1978
Marketing e planejamento urbano e valor da localização.
Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ/PIT.
- COX, K. R.
1972
Man location and behavior. An introduction to human geography.
New York: John Wiley & Sons, Inc.
- CORRÊA, R. L.
1993
O espaço urbano.
São Paulo: Ed. Ática.
- DUPUY, G.
1985
Systèmes réseaux et territoires. Principes de réseautique territoriale.
Paris: Press de L'École Nationale des Ponts et Chaussées.
- 1991
L'Urbanisme des réseaux. Théories et méthodes.
Paris: Ed. Armand Colin.
- GRIFFIN, E. & FORD, L.
1980
«A Model of Latin American City Structure».
Hornby, W. & Jones, M. [1991]. *An Introduction to Settlement Geography*, cap. 5, Urban Morphology, Cambridge University Press.
- HAIG, R. M.
1926
«Towards an Understanding of Metropolis».
Quarterly Journal of Economic, vol. 40, pp. 421-423.
- HENRY, E.
1985
«Transports urbains et services en Amérique Latina».
Tome 1, cap. 1, *Actes de L'Atelier de Recherche*, Ciudad - Inrets, Quito.
- HOYT, H.
1939
The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities.
Washington (DC), U.S.: Federal Housing Administration.
- MP/MLM
Instituto Metropolitano de Planificación, Municipalidad de Lima Metropolitana
- 1992
Plan de Desarrollo Metropolitano de Lima.
- MERTINS, G. & BAHR, J.
1983
«Un modelo de la diferenciación socio-espacial de las metrópolis de América Latina».
Revista Geográfica, 98.
- MOLER, C.
1991
Matlab User Guide.
USA: University of New Mexico, Department of Computer Science.
- MORENO, J. P.
1995a
«O urbanismo das redes e os processos espaciais na avaliação das redes de transporte».
Tese (M.Sc.) Rio de Janeiro: PET/COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 1995b
«Mobilidade urbana, rede de transporte e segregação».
IX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. São Paulo: ANPET.
- O'NEILL, M.
1986
«Condomínios exclusivos: um estudo de caso».
Revista Brasileira de Geografia, 48 (1).
- SANTOS, M.
1979
O trabalho do geógrafo no terceiro mundo.
São Paulo: Ed. Huicitec.
- 1986
Espaço e método.
São Paulo: Ed. Huicitec.
- SOJA, E.
1993
Geografias pósmodernas.
Rio de Janeiro: Ed. Zahar.
- WINGO, J. R. L.
1971
Transporte y suelo urbano.
Barcelona: Ed. Oikos-TAU.