

ALTERAÇÕES NOS PADRÕES RELACIONAIS EM REDES DE RUAS

Leonardo Müller Garateguy, Romulo Celso Krafta

Resumo

Este trabalho aborda os aspectos estruturais da morfologia das redes viárias urbanas, uma vez que oscilações nos níveis de conectividade e continuidade dos sistemas urbanos podem criar diferentes padrões de relacionamento entre os elementos constituintes de tais redes. Há evidências que vinculam descontinuidades e fragmentação da rede viária ao desempenho de sistemas urbanos, e este trabalho procurou extrair da rede viária urbana atributos e particularidades que concorram para tais evidências. Através de análises como integralidade, heterogeneidade das redes espaciais urbanas e análise de bloqueios viários o trabalho procurou evidenciar elementos (e condições) estruturais que potencialmente prejudicam o desempenho da morfologia urbana de cidades causando impactos de natureza sócio-econômica. Para tanto, fez uso de medidas de diferenciação espacial nas redes em estudo, a fim de avançar na representação de eventos que possivelmente provocam algum tipo de *ruptura* na morfologia de cidades, e seus efeitos sobre a vida de suas populações. As referidas medidas estão vinculadas ao conceito de centralidade. Mais especificamente aos conceitos de centralidade por proximidade, centralidade por interposição e centralidade por informação. Ainda, utilizou-se a medida de ciclos para aferir os níveis de distributividade de diferentes setores dos sistemas estudados. Os resultados obtidos apontaram para a possibilidade de criação de cenários urbanos a partir do reconhecimento estrutural da morfologia dos sistemas. Integralidade da rede urbana foi capaz de analisar os sistemas em seus aspectos morfológicos globais; heterogeneidade urbana ateu-se as frações distributivas e hierarquizadas dos sistemas e; análise de bloqueios focou os gargalos e afunilamentos dos sistemas em estudo.

Palavras-chave: morfologia, rede de ruas, centralidade, relações sócio-econômicas.

1. Introdução

Aspectos relacionados ao deslocamento de populações em cidades tornaram-se, nestas últimas décadas, alvo de pesquisas de estudiosos de diversas áreas, alguns dos quais chegando a afirmar ser o movimento o principal motor de desenvolvimento das cidades.

As temáticas da *acessibilidade e mobilidade urbanas* também evidenciaram-se e inseriram-se como substancial problema empírico e prioridade para o Planejamento Urbano, exigindo das administrações públicas adequado tratamento. Assim, redes de ruas passaram a receber grande atenção por parte de pesquisadores e planejadores urbanos, seguindo a hipótese de que cidades com redes de ruas bem articuladas e com generosa oferta de espaços destinados ao deslocamento apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento de importantes lógicas sociais e econômicas para suas populações.

Este trabalho tem como tema central as condições espaciais da mobilidade urbana; mais especificamente, os *aspectos estruturais da morfologia das redes espaciais urbanas*. Neste contexto, o trabalho pretende estar focado no problema das descontinuidades em redes de ruas. Fragmentos de malhas urbanas são adicionados paulatinamente em redes de ruas de cidades sem que haja a necessária manutenção da continuidade das referidas redes, a fim de garantir boa articulação entre seus tecidos urbanos. Por conseqüência, têm-se quedas no padrão de relacionamento dos elementos que constituem redes de ruas, provocando diminuição dos níveis de acessibilidade e deslocamentos dos núcleos de centralidade dos sistemas urbanos, gerando aumento de distâncias e má distribuição de fluxos.

Em última análise o presente trabalho pretende criar um criterioso e preciso método analítico a fim de explorar os efeitos provocados pela fragmentação e pela falta de continuidade da rede de ruas no sistema espacial urbano. Os resultados do presente trabalho apontam para impactos de natureza sócio-econômica.

2. Conceituação e Metodologia

2.1. Análise Configuracional

A partir do que foi exposto, para o entendimento do problema que rupturas morfológicas em tecidos urbanos podem provocar em cidades, o presente trabalho inevitavelmente apontará para os conceitos de *continuidade, acessibilidade urbana e centralidade*, como elementos qualitativos de sistemas urbanos.

O objetivo desta seção é descrever de forma apurada a diferenciação espacial. Essa descrição pode ser chamada de *centralidade*, referindo-se esta à hierarquia espacial interna dos sistemas urbanos.

O conceito de centralidade tem sido utilizado crescentemente em análises espaciais para revelar a estrutura interna de distintos tipos de redes oferecendo medidas de hierarquia, que podem estar focadas na importância de certos nós do sistema ou na distribuição de valores de centralidade (Krafta 2009).

2.1.1. Centralidade e algumas de suas medidas

Centralidade por proximidade é a conhecida medida de acessibilidade. Em Latora e outros (2006), temos: “A mais simples noção de proximidade é baseada no conceito de

distância mínima ou geodésica¹, ou seja, a menor soma dos comprimentos de arestas em todos os caminhos possíveis de um grafo”. Centralidade por proximidade (ou acessibilidade) aborda o caso de distância relativa entre os nós do sistema. Os nós mais centrais por proximidade são aqueles cuja soma das distâncias de si a todos os demais nós do sistema é menor.

Em estudos de redes é possível dizer que tão importante quanto estar próximo a todos os outros (ser acessível) é estar no caminho dos outros (*centralidade por interposição*). Novamente em Latora e outros (2006), temos: “Interação entre dois pontos não adjacentes pode depender de outros atores, especialmente aqueles sobre os caminhos entre os dois. Portanto, os pontos no meio podem ter um controle estratégico e influência sobre os outros. A idéia importante na base deste índice de centralidade é que um ator é central se está situado entre muitos dos outros atores”.

Latora e outros (2006) argumentaram ser longa a tradição metafórica que compara sistemas urbanos a redes, principalmente em estudos de transportes e na geografia econômica.

Os referidos autores referem-se à medida de *centralidade por informação*, cujo funcionamento apóia-se na idéia do grau de dependência de uma rede a cada um de seus elementos – a cada um de seus nós. Para os autores “centralidade por informação é baseada na idéia de que a informação de um nó está relacionada com a capacidade da rede para responder a desativação do nó da rede” (Latora e outros, 2006).

A metodologia desta ferramenta de análise espacial consiste em medir a eficiência da rede original e, posteriormente, retirar nós da rede verificando os impactos gerados por tais remoções – é importante salientar que: (a) centralidade por informação se baseia em uma medida de referência chamada de Eficiência Global; (b) Eficiência Global é uma medida do quão bem os nós se comunicam através da rede e é definida com base na eficiência da comunicação entre pares de nós. A eficiência entre dois nós genéricos de um grafo é definida como inversamente proporcional ao comprimento do seu caminho mais curto (Latora e outros, 2006). Portanto, trata-se de uma medida vinculada ao conceito de proximidade (acessibilidade); (c) a ferramenta retira um nó de cada vez do sistema e executa as devidas medições constituindo um ranking de CI e; (d) o resultado da comparação entre a rede original e a rede subtraída nó a nó resulta no que é chamado de medida de informação.

2.2. Metodologia

¹ Distância geodésica é o menor caminho entre dois vértices (nós).

Em estudos de redes de ruas cruzamentos viários e segmentos de ruas podem ser interpretados como espaços públicos abertos. Alguns estudos de redes de ruas – como é o caso deste trabalho – são desenvolvidos através da construção de mapas de eixos viários que servem de base para, posteriormente, a construção de grafos urbanos.

Um grafo² é uma estrutura composta por pares de vértices (nós) interligados por um conjunto de arestas (relações entre nós). Os nós de um grafo são representados graficamente por pontos (ou circunferências) e são utilizados para representar os elementos de uma determinada rede. As arestas de um grafo são representadas graficamente por linhas e são utilizadas para representar as relações entre os nós de um grafo.

Existem duas possibilidades de montagem de grafos urbanos através de sistemas de eixos: a representação primal e a representação dual. A representação primal é aquela que considera intersecções de eixos (esquinas) como nós do grafo e os segmentos dos eixos (trechos de ruas) que chegam nos nós, relações. Para o presente trabalho adotou-se a representação primal que também pode ser chamada de mapa nodal.

Neste contexto, as descontinuidades – rupturas parciais – entre tecidos urbanos analisados como redes espaciais serão capturadas por intermédio de: (a) construção de grafos e; (b) aplicação de medidas de diferenciação espacial nas redes em estudo.

Como recurso metodológico, será utilizado um sistema teórico como elemento de controle para apontar diferenciações no sistema real em estudo. O sistema a ser proposto como elemento de controle será representado por um grafo gerado a partir de uma rede urbana hipotética, livre de deformações e de descontinuidades; o sistema real em estudo será representado por um grafo gerado a partir de uma rede urbana real. Portanto, o grafo hipoteticamente perfeito servirá de elemento de controle. Em última análise servirá de parâmetro de comparação para a rede real - uma espécie de espelho perfeito da rede real em estudo. Neste contexto, a adoção de uma grelha perfeita servirá de parâmetro para comparações com sistemas que apresentem descontinuidades e fragmentações. Sendo assim, a comparação apontará para nós com diferentes níveis de relacionamento. Desta forma, será adotado como referência para o presente trabalho uma grelha retangular com conexões em cruz.

² “A teoria dos grafos é uma teoria matemática que trata das relações entre elementos de conjuntos discretos. A teoria dos grafos é capaz de descrever aspectos relativos à análise combinatória e, o que é de relevante interesse em estudos urbanos, os aspectos topológicos de conjuntos discretos ou discretizados” (Faria 2008, p. 18).

Por outro lado, todas as conexões (em T ou em L) presentes no sistema real serão entendidas como pontos de ruptura. Logo, a ausência de rupturas no sistema real será o próprio padrão do controle adotado, o padrão grelha perfeita constituída por nós com quatro relações. Ainda, serão entendidas como rupturas parciais, sobretudo, associações de nós encadeados com menos de quatro relações, possivelmente localizados entre tecidos e entre agrupamentos, rompendo padrões de relacionamento entre os elementos constituintes das redes espaciais e, provavelmente, impactando distribuições de fluxos nos sistemas.

Portanto, quando as análises estiverem endereçadas ao sistema, rupturas em tecidos urbanos poderão ser expressas comparando acessibilidade de grelhas fragmentadas com o seu espelho perfeito. As comparações deverão ocorrer em sistemas com o mesmo número de elementos, ou entre sistemas que mais próximos estiverem desta condição. Por outro lado, quando as análises estiverem endereçadas ao nó, diferenciações em relação ao padrão controlador poderão ser demonstradas pela medida de ciclos que, segundo Wasserman e Faust (1994) “é um caminho fechado com pelo menos três nós em que todas as linhas são distintas, e todos os nós exceto o que inicia e o nó que termina são distintos”. De acordo com Faria (2008) “a referida medida descreve o grau de interconectividade do grafo sendo possível pensar que a presença de ciclos tende a reforçar mutuamente seus componentes”. Neste contexto, é possível dizer que nós que participam de um elevado número de ciclos são aqueles que encontram-se nas frações de maior distributividade dos sistemas. Logo, esta será a forma de distinguir sub-áreas nos sistemas estudados: as frações urbanas que estiverem em conformidade com o seu elemento de controle (grelha perfeita com alta distributividade constituída por conexões em cruz) serão entendidas como agrupamentos e, portanto, estarão livres da presença de rupturas em sua morfologia.

Os bloqueios de vias - rupturas totais - em tecidos urbanos serão analisados da seguinte maneira: (a) inicialmente aplicarei sobre o sistema real em estudo a medida de centralidade por informação para reconhecer os pontos críticos deste sistema; (b) em seguida executarei supressões de nós do sistema urbano em estudo que tenham reais possibilidades de sofrer bloqueios viários e que figurem no ranking dos vinte nós com maiores valores de CI e; (c) compararei o comportamento dos sistemas (suprimidos x integral) através da medida de centralidade por intermediação a fim de reconhecer possíveis deslocamentos dos núcleos de centralidade do sistema após a retirada de seus pontos (nós) críticos. Ainda, as supressões serão motivadas supondo que a sobreposição de chances reais de bloqueios viários + altos valores de CI constituírem pontos de extrema importância (fragilidade) para o sistema.

3. Estudo de Caso e Análise dos Resultados

3.1. Contextualização do Município de Montenegro

A cidade de Montenegro conta com aproximadamente 60.000 habitantes e está localizada a 70 km de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Por décadas, a economia do município esteve intimamente relacionada às atividades portuária e ferroviária, mantendo Montenegro não só na rota de importantes cidades do Rio Grande do Sul - Caxias do Sul, Santa Maria e Porto Alegre - como também tornando-o um importante centro de distribuição de mercadorias para o estado.

Montenegro preparou-se na década de 70 para uma explosão demográfica. Acreditava-se que com a instalação do III Pólo Petroquímico em Triunfo (município vizinho) a população de Montenegro chegaria a 160.000 habitantes. Essa perspectiva seduziu governos municipais daquela época e fomentou planos diretores e projetos urbanísticos, apoiados na premissa de necessidade de crescimento físico para o município.

Outro aspecto relevante para o presente estudo está vinculado às características topográficas do município. Montenegro se subdivide a partir da presença dos morros São João, da Formiga e de uma área de banhado, junto à várzea do rio Caí. Tais elementos naturais localizam-se no centro da cidade. Desta forma é possível afirmar que a cidade divide-se em duas principais frações territoriais: a) cidade histórica, onde a colonização foi iniciada e que situa-se a leste dos elementos naturais e b) cidade nova, que foi fomentada e desenvolvida através da perspectiva do III Pólo Petroquímico, situando-se a oeste dos elementos naturais.

3.2. Rupturas parciais - análise da integralidade da rede urbana

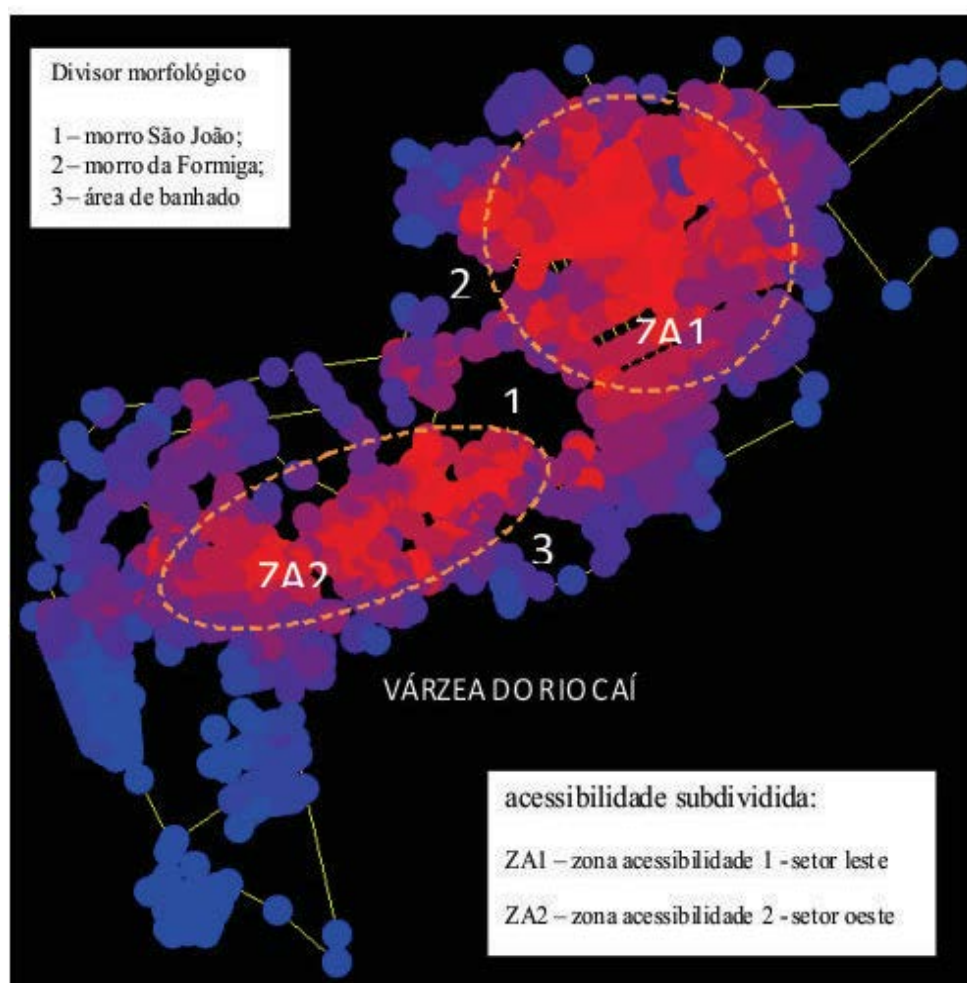
Os testes iniciaram com a aplicação da medida de acessibilidade sobre a grelha perfeita. De imediato, o que se pode perceber foi a concentração dos maiores níveis de acessibilidade no centro geográfico do sistema, haja vista a equidistante disposição de seus elementos (nós) no espaço. Foi possível perceber também que o sistema diminui seus níveis de acessibilidade na medida em que o mesmo aproxima-se de suas bordas. Ainda, o sistema apresentou média geral em acessibilidade de 0,8566. Portanto, considerando que acessibilidade pode variar em um intervalo de 0 até 1 (onde 0 significa nulo e 1 valor máximo

em acessibilidade) é possível dizer que foram encontrados no sistema da grelha perfeita nós com boa alcançabilidade por proximidade.

Em seguida, aplicou-se a mesma medida para o sistema de Montenegro e avaliou-se o desempenho em acessibilidade da rede real. Em uma primeira análise o que se pode perceber foi a diminuição dos níveis de acessibilidade da rede de Montenegro comparando-a ao seu espelho perfeito - a grelha. Em acessibilidade a rede montenegrina apresentou média geral de 0,6961 e queda de aproximadamente 18,7% se comparada à grelha. Isto sugere o grau de afastamento do sistema em relação ao seu elemento de controle, permitindo que se suponha a existência de ruptura no padrão morfológico da rede de ruas do município.

A análise acerca de acessibilidade dos sistemas permitiu perceber também a grande ruptura provocada pelos morros São João, da Formiga e banhado junto ao rio Caí. É possível verificar o rompimento provocado por tais elementos naturais do município no núcleo acessível do sistema, resultando em duas grandes zonas concentradoras de acessibilidade - a primeira, situada sobre a porção leste da cidade e a segunda, na porção oeste acompanhando a várzea do rio.

Figura 01: Aplicação da medida de acessibilidade sobre o sistema de Montenegro / RS - média geral do sistema = 0,6961.



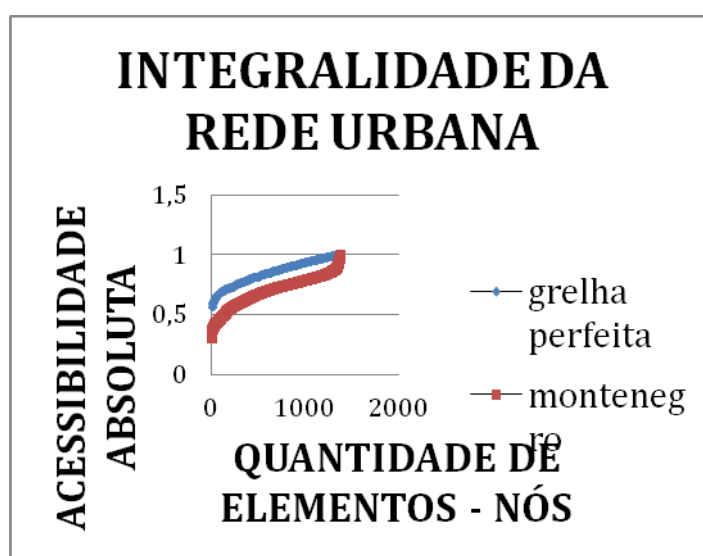
Fonte: software Morphometrics.

Portanto, é possível verificar que o município diferencia-se de seu elemento de controle (grelha perfeita, cuja acessibilidade está compactada em um único núcleo central), uma vez que Montenegro separa seu núcleo acessível em distintos setores da cidade. Tal constatação, embora aparentemente um tanto trivial, remeterá o presente trabalho a estudos acerca do anel viário que interliga as duas frações urbanas do município - pontos potencialmente frágeis do sistema - como veremos no decorrer deste trabalho.

O gráfico abaixo apresentado compara os níveis de acessibilidade dos dois sistemas. Percebeu-se um certo paralelismo entre as duas curvas. Entretanto, fica claro que o município de Montenegro, quando comparado à grelha perfeita, apresenta valores inferiores em acessibilidade para os seus nós. Portanto, é possível dizer que por proximidade seus nós não são tão alcançáveis quanto os nós da grelha. Apenas na faixa que varia de 0,8 até 1,0 em

acessibilidade encontramos nós capazes de aproximarem-se da curva da grelha, ou seja, os valores máximos dos dois sistemas são bastante semelhantes. Também vale saientar que a cidade real possui valores em acessibilidade mais diversificados o que denuncia maiores desigualdades internas para a mesma. É possível perceber que as condições morfológicas da rede de ruas de Montenegro provocam aumento súbito em acessibilidade, fato este que também poderia ser entendido como uma alteração no padrão predominante do sistema.

Gráfico 01: Aplicação da medida de acessibilidade sobre os sistemas da Grelha Perfeita e Município de Montenegro - valores máximos e mínimos em acessibilidade.



Fonte: software Excel.

3.3. Rupturas parciais - análise da heterogeneidade urbana

As análises acerca da heterogeneidade urbana consistiram em reconhecer diferenciações relacionais intra-urbanas. Para tanto, aplicou-se a medida de ciclos sobre o sistema hipotético da grelha perfeita e sobre o sistema real do município, a fim de: (a) reconhecer níveis diferenciados de relacionamento entre os elementos constituintes das referidas redes e; (b) identificar a formação de agrupamentos no município em estudo. É importante ressaltar que o comprimento utilizado para executar a contagem de ciclos dos sistemas foi o comprimento máximo permitido pelo software Morphometrics (9 passos topológicos).

Os testes iniciam com a aplicação da medida de ciclos para o sistema da grelha perfeita. O que se pode perceber foi a relação entre o padrão de regularidade do sistema e seu elevado padrão de interconectividade. Os nós que constituem este sistema estão, na sua

grande maioria, ligados a outros quatro nós que, por sua vez, ligam-se a outros quatro e assim por diante. Com exceção dos nós de borda, todos os demais elementos desta rede hipotética seguem este mesmo princípio. Portanto, o padrão relacional reconhecido para a grelha perfeita foi o de quatro ligações, sendo possível considerar como pontos/áreas de ruptura relacional nós que apresentem menos de quatro relacionamentos.

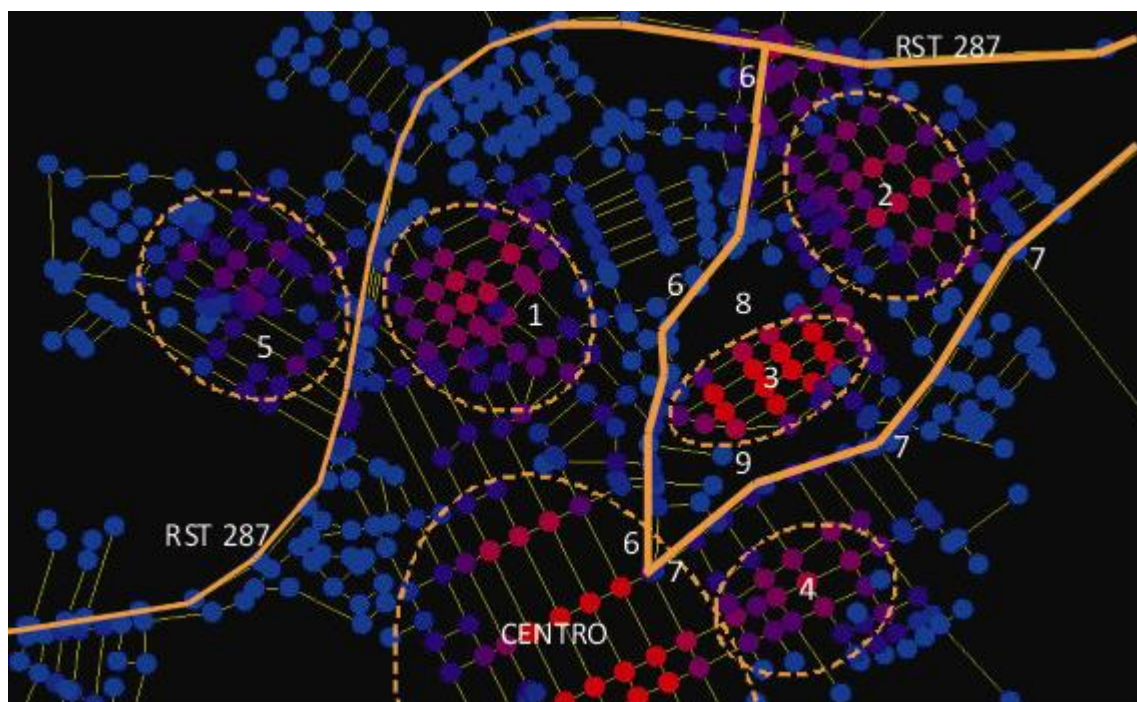
Por outro lado, se observada com critério, veremos que a grelha perfeita altera-se nas proximidades de suas bordas - mais precisamente nas três últimas camadas de seus nós. Isto sugere uma espécie de área de influência dos nós de borda, algo como se estes estivessem "sugando" a força de nós aparentemente bem relacionados (nós que também estabelecem quatro ligações, mas que devido à proximidade dos nós de borda afetam-se). Estes nós participam de um menor número de ciclos levando-nos a pensar que a grelha diminui a sua capacidade de distribuição de fluxos na medida em que ela se aproxima da sua borda.

Na sequência dos trabalhos, aplicou-se a medida de ciclos para o sistema real em estudo. Montenegro revelou-se um sistema bem articulado - com bons níveis de relacionamento entre seus elementos - em apenas alguns de seus setores urbanos. Rupturas relacionais evidenciaram-se através de sequências de nós, encadeados ao longo de importantes ruas do município e de tecidos urbanos com baixos níveis de ligação entre seus elementos - fato este que remete o presente estudo a análises de bloqueios viários como veremos no decorrer deste trabalho. Foram percebidas apenas algumas áreas urbanas que destacaram-se devido aos padrões regulares de suas ruas (malhas viárias ortogonais xadrez constituídas por nós com quatro relações), formando o que alguns pesquisadores têm chamado de agrupamentos. Entretanto, é possível dizer que, na maior parte de seu território, Montenegro apresenta-se como um sistema urbano fragmentado por conta de descontinuidades viárias originadas pela presença de elementos naturais, pela falta de cuidado para com as devidas "amarrações" entre seus tecidos urbanos e pela ausência de continuidade em suas ruas.

A título de exemplo apresentamos a seguir uma área analisada que compreende cinco agrupamentos onde estão concentrados boa parte dos estoques residenciais do município. A referida área localiza-se em um setor do sistema urbano que apresenta fragmentação e descontinuidade em parte de suas ruas. Mais precisamente seus tecidos urbanos estão desalinhados provocando desencaixe entre os referidos agrupamentos. Acredita-se que tais descontinuidades estiveram relacionadas à presença do leito férreo. Outro aspecto de fundamental importância para o entendimento morfológico deste setor do

sistema é a presença da rodovia Maurício Cardoso – RST 287 – que, de certa forma, inibe os relacionamentos dos elementos da rede espacial montenegrina, presentes de um lado e de outro da rodovia (este poder ser o caso do agrupamento Santo Antônio que localiza-se no lado oposto da referida rodovia). Ainda: nesta área localizam-se dois vazios urbanos – relativamente próximos um ao outro – que contribuem para aumentar os níveis de descontinuidade do sistema. São eles: propriedade privada localizada junto à rua Buarque de Macedo e área da antiga Estação Ferroviária – hoje equipamento urbano de caráter cultural.

Figura 02: Aplicação da medida de ciclos no sistema de Montenegro – setor leste da cidade. Em pontilhado agrupamento Rui Barbosa (1), agrupamento São João (2), agrupamento Progresso (3), agrupamento Ferroviário (4) e agrupamento Santo Antônio (5). Destaque para as ruas Buarque de Macedo (6), Osvaldo Aranha (7), vazio urbano propriedade privada (8) e, vazio urbano equipamento cultural (9).



Fonte: software Morphometrics.

No que se refere às condições relacionais dos nós constituintes desta área foi possível verificar que nos setores de tais agrupamentos, os nós são constituídos com quatro relações formando conexões em “+”. Entre agrupamentos conexões em “T” e em “L” estão presentes, ou seja, nós com menos de quatro relações provocam rupturas entre agrupamentos permitindo a analogia a “intervalos ou lacunas relacionais”. Portanto, foi constatada, nesta área, alta distributividade intra-agrupamentos, sendo possível citar, a título de exemplo, os seguintes nós: nós 187 e 178 (agrupamento Progresso); nós 1168 e 1167

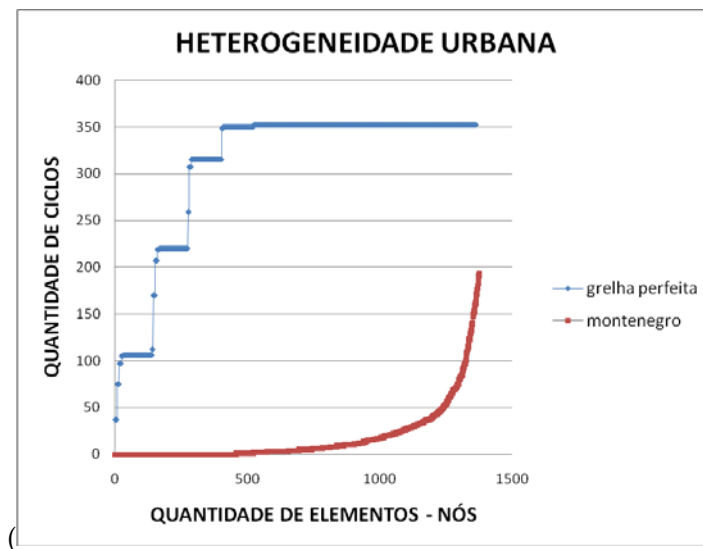
(agrupamento São João); nós 938 e 943 (agrupamento Rui Barbosa); nós 894 e 1095 (agrupamento Ferroviário); e nós 1319 e 1333 (agrupamento Santo Antônio). Os nós acima relacionados encaixam-se em uma faixa que varia de 187 até 52 ciclos.

Após analisar distintos setores urbanos do município de Montenegro é possível dizer que rupturas morfológicas foram encontradas em função dos aspectos estruturais de sua rede de ruas. O sistema urbano de Montenegro conta com 1375 nós, sendo que destes 79,13% são nós com menos de quatro relações. Ou seja, aproximadamente $\frac{3}{4}$ dos nós do sistema urbano montenegrino diferenciam-se de seu padrão controlador grelha perfeita constituída por nós com quatro relações. Por outro lado, associações de nós com bons níveis relacionais foram encontrados, constituindo agrupamentos - aproximadamente $\frac{1}{4}$ dos nós montenegrinos contam com quatro relações e constituem áreas de alta distributividade. Este panorama reforça a condição heterogênea da rede de ruas de Montenegro.

Montenegro concentra a maioria dos seus nós em uma faixa de 0 até 50 ciclos. Se levarmos em conta que o teto máximo dos sistemas é de aproximadamente 350 ciclos (adotou-se o valor máximo da grelha controladora como teto máximo), é possível dizer que a maior parte dos nós montenegrinos participam de um número reduzido de ciclos, ou seja, eles localizam-se em frações urbanas de baixa distributividade. Por outro lado, a existência de uma considerável quantidade de nós localizados no intervalo de 50 até 200 ciclos leva-nos a crer que o sistema urbano de Montenegro por vezes apresenta bons níveis relacionais entre seus elementos. Portanto, é possível pensar que o sistema urbano montenegrino é por vezes fluido, e por muitas vezes truncado, comprovando a condição de rupturas em sua morfologia, algo que pode ajudar a entender dinâmicas socio-econômicas presentes no território municipal.

O sistema da grelha perfeita permitiu verificar que a maior parte dos nós do sistema situa-se em uma faixa de 200 até 350 ciclos. Portanto, ao contrário do que se passa no sistema montenegrino, é possível dizer que a maior parte dos nós do sistema da grelha perfeita participa do maior número de ciclos presente neste sistema, ou seja, seus nós localizam-se em áreas de alta distributividade. Isso nos leva a crer que o padrão de regularidade da rede, constituída por nós com quatro relações em formato de "+" (cruz), garante ao sistema um alto padrão de fluidez e de distribuição de fluxos, contrapondo-se a idéia de sistemas truncados marcados por rupturas relacionais em suas morfologias. O gráfico abaixo apresentado permite verificar o contrastante comportamento dos dois sistemas.

Gráfico 02: Aplicação da medida de ciclos sobre os sistemas da Grelha Perfeita e Município de Montenegro – valores máximos e mínimos em ciclos.



Fonte: software Excel.

3.4. Rupturas totais – análise de bloqueios

Os testes iniciaram com a aplicação da medida de centralidade por informação no sistema urbano de Montenegro, a fim de identificar pontos críticos neste sistema. Em seguida foram executadas supressões de nós que apresentaram reais possibilidades de sofrerem bloqueios viários e que figuraram no ranking dos vinte nós com maiores valores de CI. Finalmente, foi comparado o comportamento dos sistemas (integral x suprimidos) através da medida de centralidade por intermediação, a fim de reconhecer possíveis deslocamentos dos núcleos de centralidade do sistema em decorrência da retirada de seus nós críticos.

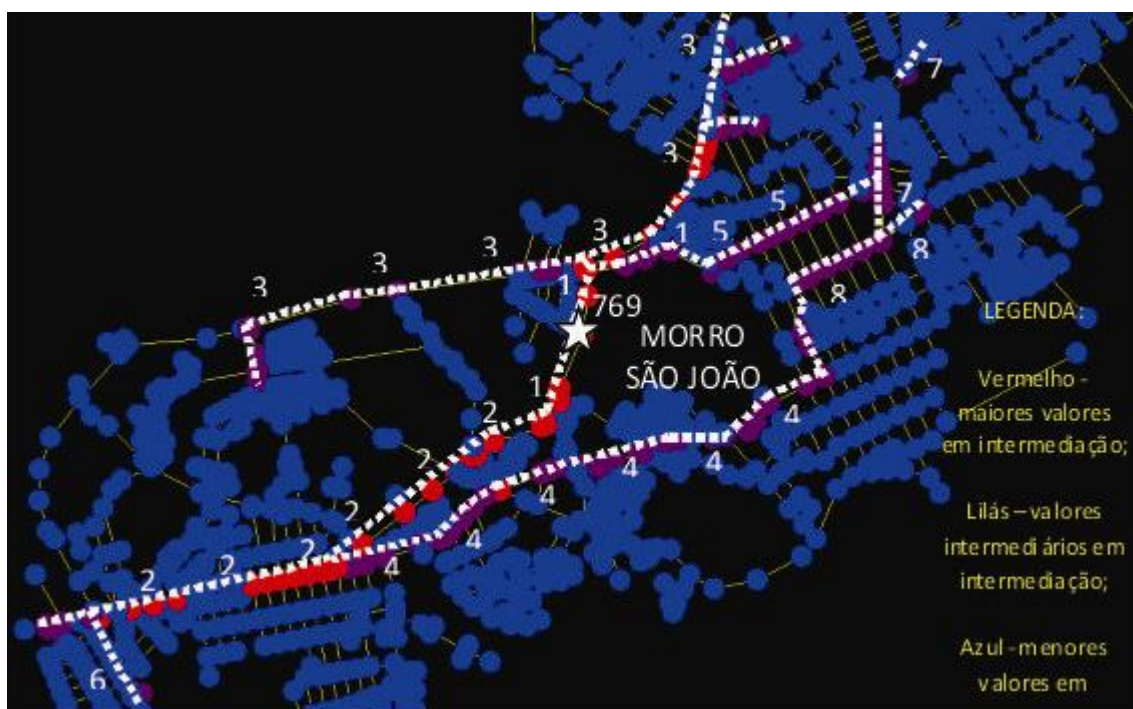
A tabela abaixo (gerada antes das supressões dos nós) apresenta o ranking dos 20 nós com os maiores valores à luz de centralidade por informação e seus respectivos valores em centralidade por intermediação. Traz, ainda, um breve histórico locacional dos elementos espaciais. A referida tabela serviu de parâmetro para a escolha dos elementos a serem suprimidos.

Tabela 01: Ranking dos vinte nós com maiores valores em centralidade por informação e respectivos valores em centralidade por intermediação.

Montenegro na íntegra - Nodal (geométrico)					
ID	Centralidade por informação	Centralidade por informação relativa normalizada	Centralidade por intermediação	Centralidade por intermediação relativa normalizada	Hitstórico
507	0,000027	10	99792	3,71337	único acesso bairro periférico (bela vista)
508	0,000027	10	98647	3,67088	único acesso bairro periférico (bela vista)
509	0,000026	9,63	96199	3,58003	único acesso bairro periférico (bela vista)
512	0,000025	9,26	93672	3,48625	único acesso bairro periférico (bela vista)
513	0,000025	9,26	92501	3,4428	único acesso bairro periférico (bela vista)
586	0,000015	5,56	211543	7,86056	via II próximo rótula acesso cidade - RS 124 (único acesso novo loteamento)
282	0,000014	5,19	116124	4,31947	único acesso bairro periférico (vila esperança)
283	0,000012	4,45	115470	4,2952	único acesso bairro periférico (vila esperança)
388	0,00001	3,71	116662	4,33943	hans varelmann (um dos acessos bairro são paulo)
413	0,00001	3,71	117852	4,3836	hans varelmann (bairro são paulo)
414	0,00001	3,71	226975	8,43325	hans varelmann (bairro são paulo)
585	0,000009	3,34	92619	3,44718	rótula acesso cidade - RS 124
699	0,000009	3,34	28432	1,06514	trilhos esq. campos neto
149	0,000008	2,97	206280	7,66524	anel viário morro São João - frontal ao cemitério
168	0,000008	2,97	25918	0,97184	torbjorn weibull esq. Antônio moojen
415	0,000008	2,97	232908	8,65343	hans varelmann (bairro são paulo)
700	0,000008	2,97	223423	8,30143	trilhos esq. campos neto
769	0,000008	2,97	223911	8,31954	anel viário morro São João - frontal ao cemitério
122	0,000007	2,6	20370	0,76595	torbjorn weibull esq. Antônio moojen
281	0,000007	2,6	234031	8,69511	trilhos próx. Vila esperança
Centralidade por informação e centralidade por intermediação antes da supressão dos nós					

O mapa abaixo demarca o nó 769 a ser removido e os principais eixos formados pelas seqüências dos nós encadeados com os maiores valores em intermediação. O referido mapa (que também foi gerado antes das supressões de nós do sistema) serviu de parâmetro para comparações com os mapas de sistemas suprimidos de seus nós.

Figura 03: Município de Montenegro (parcial) - mapa nodal geométrico / centralidade por intermediação - anterior a supressão d nó 769; em pontilhado percursos formados por famílias de nós com os maiores valores em intermediação. Destaque para: avenida Via I (1); avenida Via II (2); RST 287 (3); rua Bruno de Andrade (4); rua Santos Dumont (5); RST 124 (6); rua Buarque de Macedo (7) e; rua Osvaldo Aranha (8).



Fonte: software Morphometrics.

Em seguida executou-se a remoção do nó 769 do sistema urbano de Montenegro com a intenção de promover uma interrupção no anel viário que circunda o morro São João. Objetivei com este teste verificar o impacto gerado no sistema, uma vez que o morro situa-se ao centro geográfico da cidade, dividindo-a em dois macro-setores: a leste do morro, cidade histórica; a oeste, cidade nova, criada a partir da perspectiva do III Pólo Petroquímico. Ainda: o referido nó localiza-se em um dos principais acessos ao bairro Cinco de Maio perfazendo esquina com o Cemitério Municipal e com a Escola de Ensino Fundamental Cinco de Maio (local este de constante aglomeração de fluxos e, conseqüentemente, passível de sofrer bloqueios viários). No que tange os aspectos estruturais deste setor da morfologia

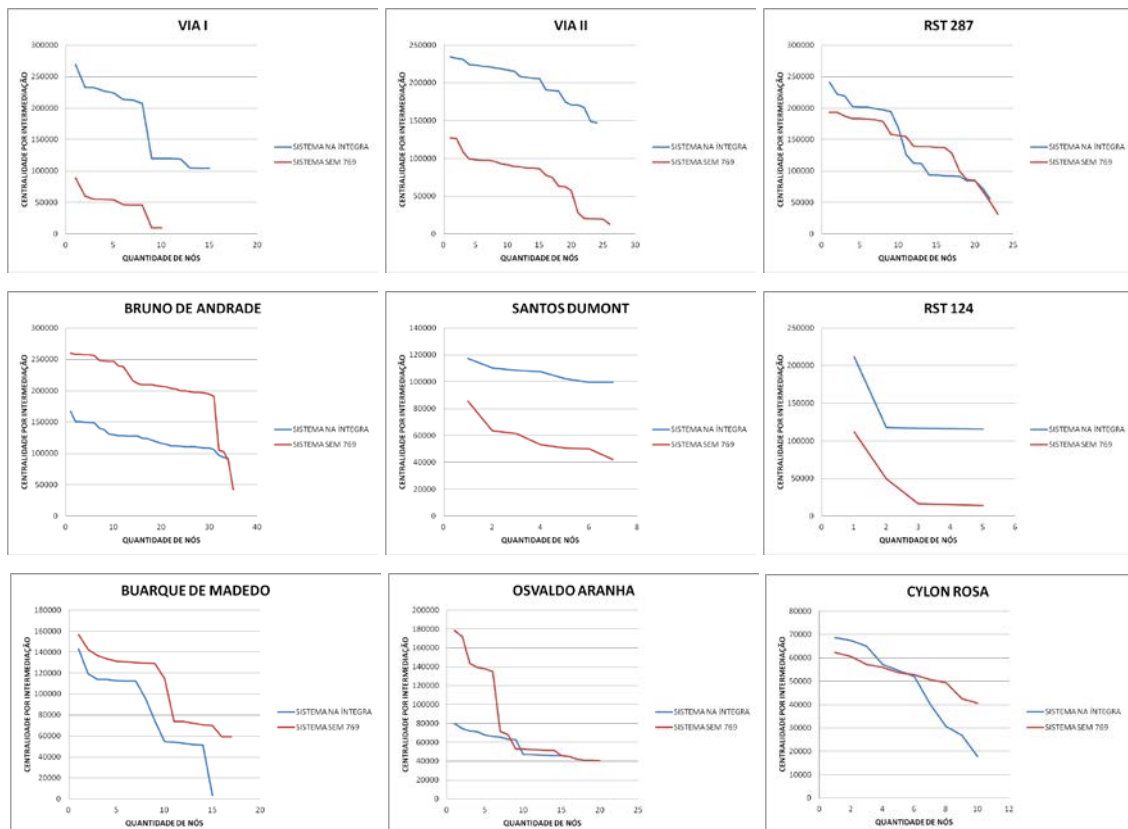
urbana de Montenegro, o referido nó localiza-se em uma área que apresenta baixos níveis de relacionamento entre seus nós.

Após a supressão do nó 769 foi possível verificar alterações dos valores de centralidade por intermediação nos principais eixos do sistema. Por exemplo: os valores dos nós das avenidas Via I e Via II decaíram vertiginosamente; a rua Bruno de Andrade foi a via do sistema que apresentou o maior ganho em intermediação; demais vias também apresentaram alternância de valores em intermediação.

Os gráficos abaixo comparam os valores em intermediação das referidas ruas e rodovias antes e depois da supressão referida. Tais gráficos representam as famílias de nós que constituem importantes ruas da cidade estudada. As famílias de nós foram ordenadas de forma decrescente para a posterior geração dos gráficos (vale também para os demais gráficos apresentados nesta seção).

Gráficos 03 a 11: Aplicação da medida de centralidade por intermediação sobre o Município de Montenegro – alterações dos valores em intermediação dos principais eixos do sistema.

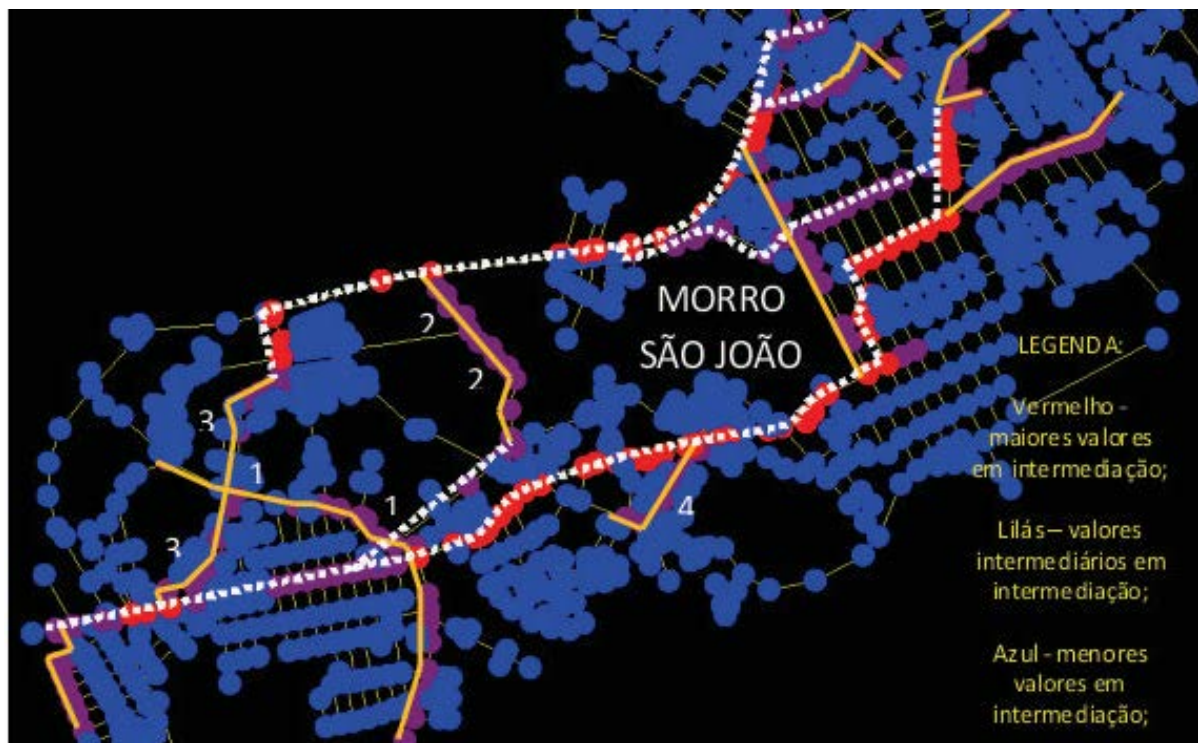
Em azul, sistema na íntegra; em vermelho sistema suprimido do seu nó 769.



Fonte: software Excel.

Por outro lado, foi possível verificar o surgimento de novos eixos de centralidade por intermediação. A porção leste da cidade apresentou ganhos em intermediação, sendo possível destacar a rua Apolinário de Moraes. A fração oeste da cidade, por sua vez, apresentou significativas alterações em seus núcleos de centralidade. Quatro novos eixos de centralidade são merecedores de comentário em função de significativos ganhos em intermediação: (a) o eixo formado pela rua Campos Neto (eixo articulador de parte da periferia montenegrina com o sistema); (b) o eixo formado por parte da Vila Trilhos (eixo que interligaria a avenida Via II à RST 287); (c) o eixo formado pelas ruas Pará, Goiás e Amazonas (rota alternativa entre a periferia e a avenida Via II) e; (d) o eixo formado pela rua Antônio Lisboa (eixo articulador de um conjunto habitacional de baixa renda).

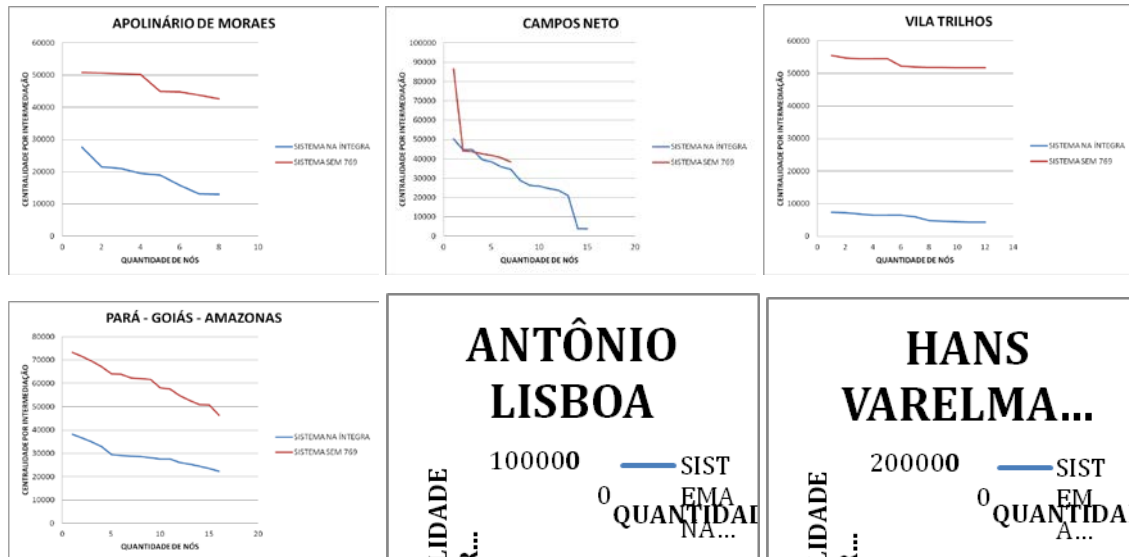
Figura 04: Município de Montenegro (parcial) - mapa parcial nodal geométrico / centralidade por intermediação - após a supressão do nó 769; em pontilhado percursos que se mantiveram com altos valores em intermediação; em laranja novos percursos formados por nós que aumentaram seus valores em intermediação. Destaque para: novo eixo rua Campos Neto (1); novo eixo Vila Trilhos (2); novo eixo ruas Pará, Goiás e Amazonas (3) e; novo eixo rua Antônio Lisboa (4).



Fonte: software Morphometrics.

Os gráficos abaixo comparam os valores dos novos eixos em intermediação do sistema.

Gráficos 12 a 17: Aplicação da medida de centralidade por intermediação sobre o Município de Montenegro – novos eixos em intermediação do sistema. Em azul, sistema na íntegra; em vermelho sistema suprimido do seu nó 769.



Fonte: software Excel.

4. Conclusão

O presente trabalho tornou possível pensar que a importância de determinados nós do sistema está intimamente relacionado às condições estruturais da morfologia urbana. A precariedade das conexões viárias das redes urbanas e seus níveis de descontinuidade e fragmentação, resultam em sistemas constituídos por sub-sistemas onde alguns nós (células espaciais) podem obter vantagem locais em relação a outros, dependendo dos critérios de análise adotados. Logo, o que pode ajudar a explicar o potencial de cada lugar na cidade é uma ordem que está oculta ao próprio lugar, constituída, sobretudo, pelo próprio “arranjo espacial urbano”. Assim sendo, cabe ao planejador, de posse dos recursos da computação, tentar decifrar tais lógicas inerentes ao espaço.

O trabalho foi capaz de demonstrar que pequenas descontinuidades, muitas vezes subestimadas pelos gestores de cidades, podem provocar graves efeitos na funcionalidade das redes. Tais descontinuidades, isoladas (como um bloqueio viário), ou cumulativamente (como um setor urbano de baixa distributividade) podem provocar deslocamentos dos eixos de centralidade e mudanças na hierarquia viária de cidades,

despertando interesses e desinteresses em diversificadas frações urbanas. Podemos pensar, portanto, que áreas dotadas de boa infra-estrutura urbana podem ser abandonadas e deixadas de lado em função de tais deslocamentos e mudanças, levando a deseconomias e acarretando dispendiosos custos para sociedades. É possível pensar ainda que altos valores de centralidade (gerados por alguma alteração viária em algum ponto do sistema) podem levar a saturação de setores de sistemas urbanos. Tais saturações podem ser expressas através da formação diária de engarrafamentos veiculares. Quanta deseconomia se produz a partir de tal problema urbano? Que impactos engarrafamentos diários podem representar para a economia urbana e para a cadeia produtiva de cidades? Neste contexto, o papel da gestão permanente em cidades evidencia-se, permitindo que suponha-se a necessidade constante de monitoramento da morfologia urbana. O presente trabalho foi capaz de demonstrar ainda que toda e qualquer alteração na rede viária de uma cidade afeta todas as suas demais células espaciais alterando os seus valores de centralidade. Logo, é possível dizer que cidades devem ser entendidas como redes compostas por células espaciais interligadas que afetam-se.

Finalmente, e em nível de conjectura, é possível apontar para uma importante questão que, nos últimos anos da política urbana brasileira, tem sido amplamente abordada: as regularizações fundiárias. O Brasil tem sido alvo de políticas de cunho social onde o tema da habitação é tratado como um direito do cidadão. Por outro lado, sistemas urbanos são constituídos por espaços públicos abertos e formas construídas. As formas construídas podem ser entendidas como barreiras que se interpõem ao deslocamento. Os espaços públicos abertos são aqueles destinados ao deslocamento de populações em cidades. Assim, é possível pensar que se tais espaços não apresentam bons níveis de continuidade e de articulação, populações passam a ter problemas para realizar suas atividades e rotinas. Portanto, é possível questionar a consolidação integral de determinados assentamentos espontâneos urbanos, sem que haja uma criteriosa reflexão acerca das condições estruturais da morfologia urbana de nossas cidades, pois tais consolidações podem acarretar prejuízos significativos para a mobilidade das cidades. Neste contexto, micro-cirurgias na malha urbana seriam passíveis de serem realizadas, no intuito de melhorar as condições estruturais das redes espaciais urbanas, diminuindo assim distâncias internas, melhorando os níveis de acessibilidade e de distributividade dos sistemas. Ilhas edificadas poderiam sofrer algumas supressões a fim de restabelecer a fluidez e a continuidade das redes de ruas de nossas cidades. Desta forma, a condição relacional dos nós das redes urbanas melhoraria e

diminuiríamos a quantidade de sub-sistemas hierárquicos em nossas cidades, como é o caso da fração oeste do município de Montenegro.

Tais benefícios, possivelmente, elevariam o desenvolvimento da micro-economia, das relações de vizinhança e de demais aspectos vinculados à escala microscópica das cidades.

5. Referências Bibliográficas

Batty, M., Barros, J. & Junior, S. A. 2004. *Cities: Continuity, Transformation, and Emergence*, Londres, Working Paper Series – Paper 72.

Crucitti, P., Latora, V. & Porta, S. 2006. *Centrality measures in spatial networks of urban streets*, «Physical Review E», 73, 036125.

Faria, A. P. N. 2008. *Análise configuracional da ordem simbólica: forma urbana e estruturação cognitiva*, Porto Alegre, PPG/FAU/UFRGS - TESE DE DOUTORADO.

Faria, A. P. N., Krafta, R., Polidori, M. C., Rodrigues, C. L. & Granero, J. 2009. *Morphometrics*. Porto Alegre/Pelotas: Grupo de Pesquisa Sistemas Configuracionais/UFRGS e LabUrb/UFPel.

Krafta, R. 2008. *Fundamentos del análisis de centralidad espacial urbana*. Revista de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos, 57-72.

Krafta, R. 2009. *Análise especial urbana: aplicações na região metropolitana de Porto Alegre*, Porto Alegre, Editora da UFRGS.

Porta, S., Crucitti, P. & Latora V. 2006. *The network analysis of urban streets: a primal approach*, «Environment and Planning B: planning and design», 33 5, 705-725.

Wasserman, S. & Faust, K. 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge, University Press.