

AValiação DA ACESSIBILIDADE GLOBAL EM AMBIENTE SIG EM CIDADES DO BAIXO AMAZONAS - BRASIL

Maisa Sales Gama Tobias
Rui António Rodrigues Ramos
Daniel Souto Rodrigues

Universidade Federal do Pará/Universidade da Amazônia
Universidade do Minho

RESUMO

O trabalho apresenta o resultado da aplicação de um método de avaliação da acessibilidade, com estudo de caso na região do Baixo Amazonas, Estado do Pará, na região Norte do Brasil. O modelo empregado permitiu gerar mapas de acessibilidade a atividades básicas produtoras de viagens em ambiente georeferenciado, em cada um dos cinco municípios estudados. Para uma análise regional foi também efetuado um mapa com a acessibilidade ao conjunto dos municípios. Os mapas gerados permitem identificar as sub-regiões com maior e com menor de acessibilidades e, conseqüentemente, as áreas prioritárias para o investimento em infraestrutura de transportes.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto regional, a acessibilidade é um das questões-chave de transporte e ordenamento do território. A acessibilidade, essencialmente, descreve a habilidade de um indivíduo para alcançar bens desejados, serviços, atividades e destinos, no que se converte coletivamente em oportunidades. No entanto, a acessibilidade depende não só da localização das oportunidades, mas igualmente da facilidade de vencer a separação espacial entre indivíduos e locais específicos (Mendes, 2001). Sob esta perspectiva, os fatores intimamente relacionados com a acessibilidade tornaram-se fundamentais para identificar e avaliar a localização de equipamentos e infraestruturas, daí o interesse em adotar modelos de acessibilidade que permitam apreender as mais diversas realidades, na busca de soluções mais eficientes para estes espaços. De modo geral, a forma como a acessibilidade é avaliada depende do objetivo a ser atingido. Morris *et al.* (1979) apresentam uma classificação e uma formulação extensivas das medidas de acessibilidade relativa e global. Encontram-se posteriormente diversos trabalhos cujas medidas de acessibilidade apresentadas, de alguma maneira, se enquadram com a classificação de Morris *et al.* (ver Allen *et al.*, 1993, Mackiewicz e Ratajczak, 1996 e Geertman e Van Eck, 1995).

Neste trabalho, o desafio consistiu em aplicar um modelo de acessibilidade global em uma região do Baixo Amazonas, no norte do Brasil. A região em estudo possui uma realidade específica e diferenciada de outras regiões do país, tendo características tais como: a importância do transporte fluvial de curta e longa distância; a dispersão populacional em espaços urbanos muito distantes entre si; a carência de equipamentos e infraestrutura; e uma população com poucas oportunidades de atendimento as suas necessidades mais básicas. O trabalho parte da explanação sobre o modelo de acessibilidade, desenvolvido em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), e o processo de cálculo do índice de acessibilidade. Na sequência, tem-se o estudo de caso, com a aplicação do modelo e conclusões sobre os resultados obtidos.

2. METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida em duas etapas: a primeira etapa consistiu na identificação das questões teóricas do foco de um modelo multicritério de avaliação da acessibilidade através de um índice de acessibilidade (Mendes *et al.*, 2005). Na segunda etapa, tratou-se de explicar a implementação do modelo em SIG, a fim de mapear a variação espacial do índice

de acessibilidade. Assim, os dois passos metodológicos constituem um processo simples para o mapeamento de variação espacial da acessibilidade de um ponto de vista global, tendo os sítios urbanos das cidades como destinos à partir de qualquer ponto da região sob estudo.

2.1 Modelo multicritério de avaliação da acessibilidade global

Na formulação do modelo multicritério de avaliação da acessibilidade global, admite-se que para um local i , o seu índice de acessibilidade A_i é dado pela equação abaixo, onde $f(c_{ij})$ representa a normalização por uma função *fuzzy* da distância-custo do local i para o destino-chave j e w_j é o peso do destino-chave j (Mendes *et al.*, 2005): $A_i = \sum_j f(c_{ij}) w_j$. Portanto, o índice de acessibilidade de um local i , obtém-se pela agregação dos índices de acessibilidade desse local a cada grupo g de destinos-chave, convertendo a equação anterior em: $A_i^g = \sum^g f(c_{ij}) w_j^g$; $A_i = \sum A_i^g \cdot w_g$. Em síntese, o índice de acessibilidade A_i^g é resultado de uma avaliação multicritério da localização de origens i aos mais diversos grupos de destinos-chave g , dado por uma normalização *fuzzy* dos custo-distâncias $f(c_{ij})$, aplicando os peso do destino-chave (w_j). Os pontos i , para os quais a acessibilidade é avaliada, dependem da forma como o espaço é modelado. O índice de acessibilidade global proposto é, essencialmente, uma combinação ponderada linear, um dos procedimentos de agregação disponíveis no contexto de avaliação multicritério (Voogd, 1983).

Devido a diferentes escalas em que os critérios são avaliados, é necessário normalizá-los antes da agregação. Este processo de normalização é essencialmente idêntico ao de *fuzzificação* em conjuntos *fuzzy* (Jiang e Eastman, 2000). Neste trabalho, o resultado expressa um grau de acessibilidade, com base no critério "distância" que varia no intervalo [0,0 a 1,0], indicando uma variação contínua do índice de acessibilidade entre 0,0 (sem acessibilidade) e 1,0 (máxima acessibilidade). A função *fuzzy* adotada é do tipo linear monotonicamente decrescente, com pontos de controle a e b que definem as distâncias-críticas máximas e mínimas para determinado destino-chave, definidas para cada situação particular e considerando o significado inerente ao destino-chave.

2.2 Implementação do modelo em ambiente SIG

A implementação do modelo em ambiente SIG depende das características específicas do software adotado. Os fluxogramas a) e b) da Figura 1 apresentam uma síntese das diversas etapas a adotar em um modelo SIG vetorial. O fluxograma a) salienta a necessidades de banco de dados geográficos e a seqüência de operações necessárias para completar a tabela de atributos de forma a avaliar o índice de acessibilidade para os pontos da rede de transporte. Calculando o custo-distância para cada ponto da rede em relação a cada um dos destinos-chave considerados no estudo, obtém-se a Matriz OD de todos os pontos da rede para cada um dos destinos-chave. Desta forma é construída a tabela de atributos em que o número de linhas é o número de pontos avaliados e o número de colunas é igual ao número de destinos-chave considerados no estudo.

Tendo-se o custo-distância a partir dos pontos da rede para todos os destinos-chave em estudo, o procedimento multicritério é implementado seguindo o fluxograma b) da Figura 2. A seqüência de operações começa com a normalização (ou seja, a aplicação das funções *fuzzy* selecionadas), seguida pela ponderação. Depois, o índice de acessibilidade é obtido pela agregação do custo-distância ponderado e normalizado para as várias distâncias, procedimento aplicado no nível de atributos. Em seguida, é possível gerar o mapa de acessibilidade em função do valor obtido para cada ponto da rede considerando uma rede

irregular triangular (TIN), que irá representar uma superfície que cobre a área de estudo. Utilizando como entradas os pontos da rede e aplicando o índice de acessibilidade como valores de Z, a superfície resultante irá mostrar como os valores de acessibilidade estão distribuídos ao longo da área, interpolando os valores obtidos dos pontos da rede. O mesmo processo pode ser implementado para criar um mapa para mostrar a acessibilidade para um destino específico ou um grupo-chave parcial de destinos-chave. Neste caso, o TIN irá representar Z-valores do custo-distância ponderado para um determinado destino-chave ou para um grupo parcial de destinos.

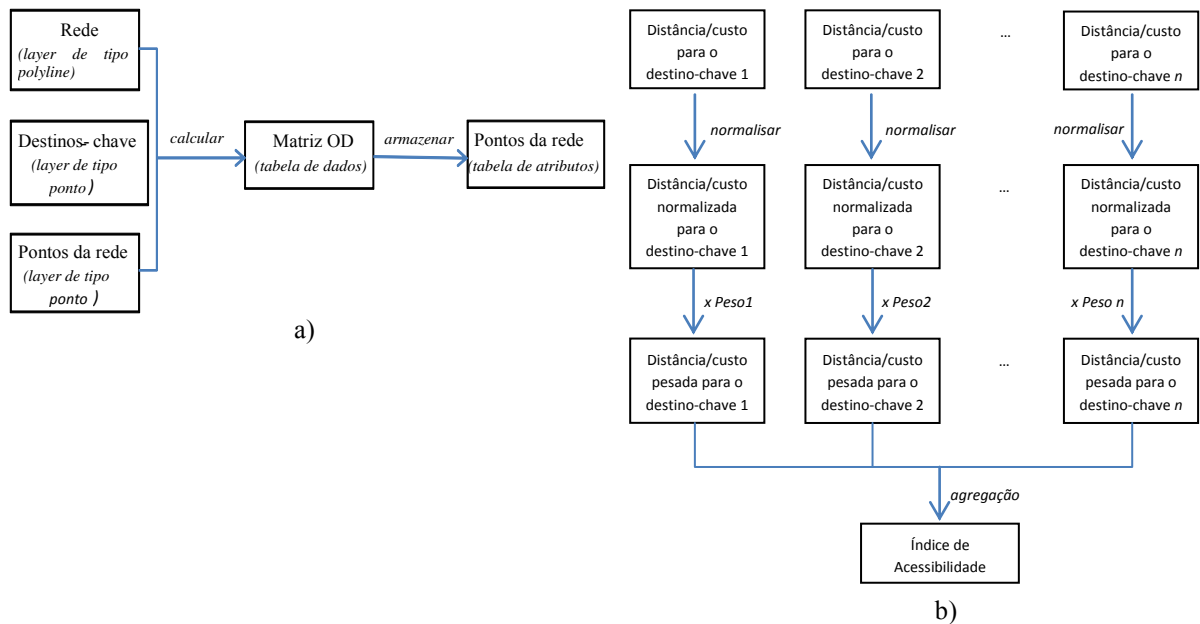


Figura 1: SIG vetorial para calcular os custo-distâncias e o processo de cálculo do índice de acessibilidade

3. ESTUDO DE CASO

O caso de estudo incide na rede de transportes que interliga as cidades de Santarém, Monte Alegre, Alenquer, Juruti, Curuá, Óbidos e Oriximiná, na região do Baixo Amazonas, Estado do Pará. O modelo de avaliação de acessibilidade foi "personalizado" para o contexto particular da sub-região em estudo. As informações necessárias para realizar a metodologia foram obtidas por uma pesquisa *in-loco*, através de um teste-piloto segundo um questionário estruturado a partir dos motivos de viagens e destinos relacionados pelos entrevistados. Basicamente, o que se buscou apreender dos entrevistados com a pesquisa de campo nas cidades foi identificar as atividades básicas, a sua localização e os pesos dos destinos-chave, bem como, as distâncias mínimas e máximas percorridas para efetuar essas atividades. Após a estruturação dos dados em SG foram gerados os mapas para cada cidade tendo i) os próprios sítios urbanos dessas cidades e as demais cidades como destinos e, ainda, ii) à partir de qualquer ponto do território do Baixo Amazonas para o grupo de cidades sob estudo. A Figura 2 ilustra na imagem a) uma situação particular do mapa de acessibilidade de Juruti em relação às demais cidades e, na imagem b), uma situação de acessibilidade global de todo o território, considerando o grupo de cidades e os mais prováveis destinos para a realização de atividades. As imagens apresentam os mapas dos índices de acessibilidade global, para o conjunto das cinco cidades, obtidos alterando a simbologia TIN para uma imagem com uma rampa de cores graduada em tons cinza, em que os tons claros representam valores menores e os mais escuros valores maiores.

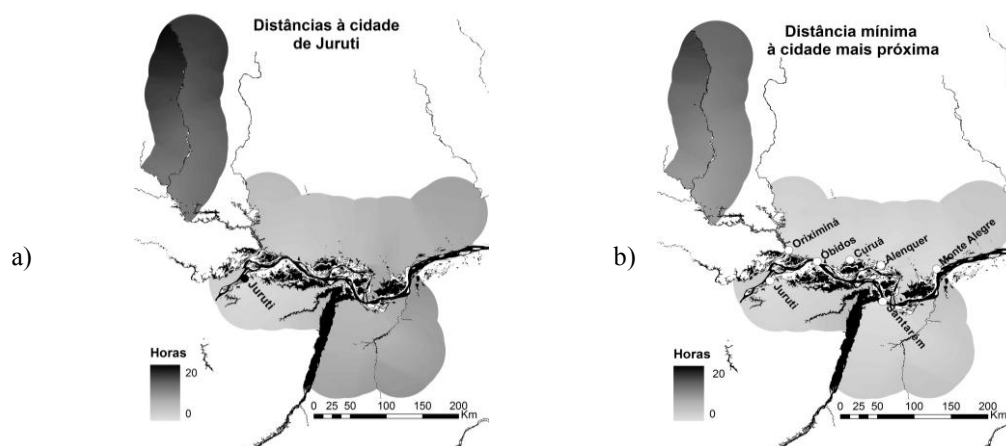


Figura 2: Mapas de acessibilidade global de cidades do Baixo Amazonas

4. CONCLUSÕES

No que se refere à região em si, o modelo apresenta sensibilidade e coerência face da observação *in loco* efetuada nas cidades em questão, ou seja, as cidades apresentam acessibilidades melhores ao longo do rio Amazonas e ao longo das rodovias. Fica assim bem patente uma necessidade premente de inversão dos investimentos em favor da área rural, principalmente, para o atendimento das atividades econômicas e à população do interior que tem o sítio urbano como destino certo para as atividades mais básicas, tais como saúde e educação. A representação do índice em um mapa desenvolvido em SIG propicia a oportunidade de analisar a acessibilidade como uma variável espacial contínua na sub-região e identificar as áreas com e sem acessibilidade para os destinos-chave em avaliação. Assim, os resultados desta aplicação do modelo podem apoiar o planejamento territorial e urbano, a fim de melhorar a qualidade de vida da população regional. Além disso, o modelo também permite no futuro vir a simular e analisar propostas específicas de investimentos em novos equipamentos e infraestruturas, tais como a expansão da rede de transportes, ajudando dessa forma a entender quais podem ser as conseqüências dessas ações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, W.B.; Liu, D.; Singer, S. (1993). Accessibility Measures of U.S. Metropolitan Areas. *Transportation Research. Part B, Methodological*, 27(6), 439-450.
- Geertman, S.C.M.; Van Eck, J.R.R. (1995) GIS and Models of Accessibility Potential: an Application in Planning. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(1), 67-80.
- Jiang, H.; Eastman, J.R. (2000) Application of Fuzzy Measures in Multi-criteria Evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(2), 173-184.
- Mackiewicz, A.; Ratajczak, W. (1996) Towards a New Definition of Topological Accessibility. *Transportation Research. Part B, Methodological*, 30(1), 47-79.
- Mendes, J. F. G (2001) Multicriteria Accessibility Evaluation using GIS as Applied to Industrial Location in Portugal. *Earth Observation Magazine*, v. 10, n. 2, p. 31-35.
- Mendes, J.F.G.; Rodrigues, D.S.; Ramos, R.A.R. (2005) A GIS-based multicriteria model for the evaluation of territorial accessibility. In A. Kungolos, C.A. Brebbia and E. Beriatos (eds), *Sustainable Development and Planning II*, 795-804, WITpress, Southampton.
- Morris, J.M.; Dumble, P.L. (1979) Wigan, M.R., Accessibility Indicators for Transport Planning. *Transportation Research. Part A, Policy and Practice*, 13(2), 91-109.
- Voogd, H. (1983). *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. Pion, London.

Maisa Sales Gama Tobias (maisa@ufpa.br)

FEC/Universidade Federal do Pará/Universidade da Amazônia, Av. Perimetral s/n, Belém-Pará, Brasil.

Rui António Rodrigues Ramos (rui.ramos@civil.uminho.pt)

Daniel Souto Rodrigues (dsr@civil.uminho.pt)

Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Campus Gualtar, Braga, Portugal.