

NÍVEIS DE SERVIÇO PARA AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE RELATIVA DOS ESPAÇOS PARA PEDESTRES COM DIFICULDADES DE LOCOMOÇÃO

Fabíola de Oliveira Aguiar

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Tecnológicas

Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

Rui António Rodrigues Ramos

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Eduardo Aurélio Barros Aguiar

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Tecnológicas

RESUMO

Vários trabalhos propõem indicadores de níveis de serviço que avaliem espaços para pedestres. Entretanto, são raras avaliações que identifiquem os níveis de prejuízos que pessoas com dificuldade de locomoção podem apresentar devido à falta de qualidade destes espaços, quando comparadas às pessoas sem restrições de locomoção. O objetivo deste trabalho é propor uma medida de acessibilidade capaz de capturar esta relação, através dos seguintes procedimentos: adoção de um modelo de avaliação de acessibilidade; análise das relações entre os pedestres com e sem dificuldade de locomoção; e, por fim, proposição de índices de acessibilidade relativa. A escala bidimensional de “níveis de acessibilidade relativa” obtida permite quantificar o nível de redução de acessibilidade para determinados grupos de usuários. É possível ainda a visualização dos resultados em mapas, dado que o modelo foi desenvolvido em ambiente SIG, o que o habilita como ferramenta de apoio à decisão para planejadores e administradores urbanos.

ABSTRACT

Several studies offer level of service indicators to assess the quality of spaces for pedestrians. However, only a few of them identify the intensity of the problems faced by users with mobility constraints due to the poor quality of these spaces when compared to the conditions met by users without any mobility troubles. The aim of this paper is to propose an accessibility measure able to capture this relationship, through the following procedures: adoption of an accessibility evaluation model; analysis of the existing relationships between pedestrians with and without mobility constraints; and finally, formulation of relative accessibility indices. The bidimensional scale of “relative accessibility levels” obtained allows the quantification of accessibility reduction to particular groups of users. It is also possible to visualize the results in maps, given that the model was developed in a GIS environment, what turns it into a decision support tool for urban planners and managers.

1. INTRODUÇÃO

Trabalhos referentes a deslocamento físico, principalmente no que diz respeito à avaliação da qualidade do modo a pé, têm tratado dos termos *mobilidade* e *acessibilidade* para realizar uma abordagem holística, já que estes termos trazem conceitos que se complementam. Neste trabalho foi considerado que a *acessibilidade* está associada, dentre outros aspectos, às oportunidades disponibilizadas pelo espaço urbano. Por outro lado, a *mobilidade* está ligada à facilidade de um indivíduo se deslocar, mas esta condição depende do desempenho do espaço (*nível de acessibilidade*) e das características do próprio indivíduo (*capacidade de locomoção*). Na Figura 1 é apresentado um esquema simplificado da relação entre mobilidade e acessibilidade utilizada neste trabalho.

Dentro do tema *mobilidade* para o modo a pé, ainda se julga necessário denominar de “*mobilidade potencial*” o estudo da possibilidade que o indivíduo tem de se locomover com

facilidade por um determinado caminho. O termo, utilizado aqui, está relacionado à avaliação de fatores que determinem “quais são as *possíveis* condições de facilidade que um indivíduo tem para se deslocar, incluindo o objetivo da caminhada”.

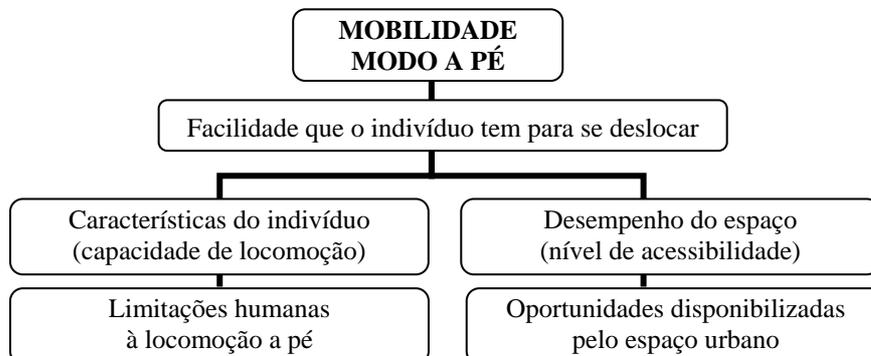


Figura 1: Esquema simplificado que mostra a relação entre os conceitos de mobilidade e acessibilidade dos deslocamentos a pé considerados neste estudo

Já o termo “*acessibilidade relativa*” de um determinado espaço urbano, quanto ao modo a pé, foi adotado neste trabalho para representar o nível de acessibilidade para um determinado grupo de usuários com alguma deficiência ou dificuldade de locomoção em relação ao grupo de pessoas sem dificuldade de locomoção. A adoção deste último grupo de pessoas como referência na análise tem como base a suposição de que este seja o grupo menos prejudicado com relação às condições oferecidas pelos espaços urbanos para sua locomoção a pé.

O objetivo do presente trabalho consiste em propor uma escala que possa indicar o nível de *acessibilidade relativa* de espaços para pedestres. A utilização desta escala deve facilitar o mapeamento da acessibilidade dos espaços urbanos de pedestres considerando-se as condições de *mobilidade potencial* de determinados indivíduos.

Para atingir o objetivo da pesquisa, foram utilizados dados obtidos por Aguiar (2010) que envolveram testes dinâmicos com usuários em espaços de pedestres e pesquisas de opinião, além da avaliação técnica, em dois *campi* universitários: i) na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil (Área I do *campus* da Universidade de São Paulo); e ii) em Braga, Portugal (*campus* de Gualtar da Universidade do Minho). O estudo aqui apresentado, que se limitou ao caso de São Carlos, considerou as condições de mobilidade potencial de três grupos de usuários com características específicas (cadeirantes, cegos e idosos), além dos usuários sem dificuldade de locomoção.

2. SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A *mobilidade urbana* é um atributo das cidades, e corresponde à facilidade de deslocamento de pessoas e bens na área urbana (Ministério das Cidades, 2005). A mobilidade é consequentemente um atributo associado às pessoas (e indiretamente, aos bens móveis). Destaca-se ainda, o termo *mobilidade sustentável*, que tem entre seus principais conceitos difundidos no Brasil, o seguinte: *mobilidade sustentável* é o conjunto de políticas de transporte e circulação que visa proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transportes coletivos e não-motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (ANTP, 2003, *apud* Costa, 2008).

Dentro dos modos não-motorizados, é nítida a importância que o modo a pé vem adquirindo nos planos de mobilidade urbana. Além de ser o mais antigo modo de transporte, este é também o mais básico – pois todos os outros modos iniciam e finalizam com ele. Enfatiza-se ainda uma frase contida nos registros da *European Conference of Ministers of Transport* (ECMT, 2006): “*não importa o quão acessível possa ser qualquer outro modo de transporte, se o ambiente de pedestre contiver obstáculos, a usabilidade do serviço de transporte será em grande parte negada*”.

Segundo Gondim (2001), para possibilitar e estimular a locomoção a pé é necessário prover as cidades de infraestrutura compatível com as necessidades dos pedestres. Para tanto, são considerados pedestres, desde as pessoas fisicamente aptas àquelas com dificuldade de locomoção (que usam cadeiras de rodas ou outras formas de assistência à locomoção, como bengalas, muletas, carrinhos de bebê etc.). Logo, a mobilidade de pedestres deve ser alcançada a partir dos princípios do “Desenho Universal” que preconizam, segundo Prado (1997), que as cidades têm que ser acessíveis a qualquer pessoa, desde seu nascimento até sua velhice.

Enquanto isto não se torna uma realidade, na prática, são muitos os problemas de mobilidade enfrentados por diferentes grupos de pedestres nos espaços ditos “destinados” a eles. De modo geral, as ações ainda se limitam a propor a readequação de espaços públicos sem o conhecimento das características físicas básicas de locomoção de pessoas com deficiências e pessoas com restrições de mobilidade. Sob esta ótica, Duarte e Cohen (2004) reportam ser comum que a construção de rampas nas esquinas seja considerada “suficiente” para taxar o projeto urbano de “projeto inclusivo”. As mesmas autoras citam ainda que os aspectos referentes ao espaço, como a “distância” (perto e longe) e a forma do percurso, devem ser medidas pelo esforço e pelo cansaço da pessoa com deficiência e não podem ou não devem ser compreendidos a partir de referenciais de pessoas que não apresentam dificuldade em sua locomoção. Citam ainda que o “tempo de percurso” é um fator determinante para avaliar as condições de mobilidade.

Quanto ao conceito de “*acessibilidade*”, segundo Ostroff (2001), este se tornou mais compreendido devido ao melhor entendimento da palavra “barreira”. Neste caso, uma barreira é considerada um obstáculo que restringe a mobilidade e não permite o uso confortável e seguro do espaço e seus componentes. Assim, segundo a NBR 9050 (ABNT, 2004) e a Lei nº 10098 (Brasil, 2000), a *acessibilidade* é a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida. Para efeito desta pesquisa, as barreiras ou impedências consideradas são relativas apenas aos obstáculos físicos.

Segundo Silva *et al.* (2008), Rodrigues (2001), Ramos (2000) e Mendes (2000) a *acessibilidade* pode ser avaliada em relação a um determinado objetivo (por exemplo, uma localização industrial, de edificações no interior de um *campus* etc.). Essa relação é baseada na medição de afastamento incluindo o efeito da “distância”. Logo, o nível de acessibilidade resulta da combinação das distâncias a um conjunto de destinos-chave. Os destinos-chave, por sua vez, estão relacionados ao objetivo do usuário e podem possuir importâncias relativas diferentes (pesos), de acordo com a necessidade de utilização (ou funcionalidade) atribuída

por seus usuários. As impedâncias (barreiras ou dificuldades), que podem ocorrer nos percursos, são combinadas com a distância e com o peso dos destinos-chave para a obtenção de índices de acessibilidade.

Em geral, quanto maior o valor da distância, menos acessível é a atividade para um dado destino, por exemplo, a localização de um ponto central entre uma distribuição de pontos, provavelmente tende a ser mais acessível do que a de outros pontos. Entretanto, quando se inclui pessoas com restrições de locomoção à análise da mobilidade, fatores como barreiras que impeçam a locomoção ou aumentem o tempo de viagem destas pessoas passam a ser mais importantes na questão da avaliação da acessibilidade dos espaços do que propriamente o fator distância.

Church & Marston (2002) discutiram alguns dos problemas associados à medição da acessibilidade de ambientes de pedestres. Juntamente com esta discussão, propuseram uma nova perspectiva para a medição da acessibilidade com um foco sobre as pessoas com diferentes habilidades. De acordo com os autores, as medições tradicionais de acessibilidade geralmente são falhas, pois omitem ou ignoram as condições de mobilidade e as diferenças físicas entre as pessoas e suas possíveis limitações de mobilidade individual que afetam o tempo de viagem e o esforço despendido para a conclusão da viagem com êxito. Assim, os mesmos autores utilizaram o termo “*acesso relativo*” como uma medida que diz respeito às diferenças de acessibilidade para cada grupo de usuários. Esta medida auxilia na compreensão de que uma incapacidade física ou restrição pode representar os esforços necessários para superar os obstáculos no ambiente (por exemplo, escadas, desníveis etc.) durante uma viagem. Com base nesta linha de pesquisa o presente trabalho foi desenvolvido, avançando com a proposta de uma escala de nível de acessibilidade relativa, já que estes autores não chegaram a fazê-la.

É importante reconhecer que a NBR 9050 (ABNT, 2004) lida com os padrões de acessibilidade para descrever como os equipamentos (edifícios públicos etc.) e mobiliários urbanos (telefones públicos, lixeiras, postes etc.) devem ser projetados, assim como as rotas acessíveis a tais elementos. Uma vez que a norma assegura que seja fornecido acesso, pouca atenção tem sido dedicada ao valor ou à qualidade do acesso prestado (valor relativo de acessibilidade). Esta política, com base em padrões, conduz a melhorias dos acessos nos espaços urbanos para pessoas com restrições de mobilidade. Entretanto, embora a abordagem destas normas padronizadas seja valiosa, falta a sensibilidade que outras medidas de acessibilidade poderiam proporcionar. Uma medida de acessibilidade relativa, por exemplo, poderia indicar a priorização de necessidades dos usuários com maior prejuízo.

A inclusão de grupos de indivíduos com características distintas indica, de antemão, a necessidade de envolvimento de vários critérios. A avaliação e a combinação destes critérios, por sua vez, devem servir de base para satisfazer um ou vários objetivos dentro dos processos de decisão. De acordo com Silva *et al.* (2008) processos de análise que utilizam diversos critérios para serem avaliados e combinados podem ser realizados segundo uma avaliação multicritério, que permite a obtenção de índices. Os mesmos autores citam que a integração dos modelos em ambiente SIG simplifica a análise, uma vez que tem capacidade de trabalhar grande quantidade de informação sobre o território, o que permite facilidade na tomada de decisão através da visualização dos resultados obtidos em mapas que simulem diversas situações para avaliação.

3. METODOLOGIA

Partiu-se da premissa de que podem existir algumas diferenças a respeito da acessibilidade dos espaços, conforme o tipo de indivíduo a ser abordado. Para avaliar estas diferenças e quantificar os prejuízos de grupos de pedestres específicos, foi proposta a metodologia aqui discutida. O modelo de avaliação da acessibilidade relativa foi desenvolvido em duas partes. Na primeira delas foi adotado um modelo de avaliação multicritério já utilizado para a obtenção de índices de acessibilidade (Aguiar *et al.*, 2009 e Aguiar, 2010). Na segunda parte foi proposto um modelo que, também através de índices, possibilitou a elaboração de uma escala de níveis de *acessibilidade relativa* dos espaços de pedestres. Esta escala considera, para tanto, a *mobilidade potencial* dos grupos de indivíduos selecionados, combinada a um fator de referência adotado.

Em síntese, a segunda parte do modelo baseia-se na premissa de que uma forma de mensurar a *mobilidade potencial* é por meio da relação entre os índices de acessibilidade para grupos com e sem restrição de locomoção. É importante observar que somente a relação entre esses índices não conduziria a resultados satisfatórios, uma vez que sendo os dois índices iguais e próximos de zero, por exemplo, implicaria em 100% de mobilidade para o usuário com restrição em relação ao sem restrição. Este resultado adquire, portanto um caráter parcial para a análise. Desta forma, tornou-se necessária a combinação da referida relação com o índice de acessibilidade normalizado para o usuário sem restrição de mobilidade (grupo de referência). Assim, a definição de um índice de acessibilidade relativa deve contemplar tanto a relação entre as acessibilidades dos grupos com e sem restrição (*mobilidade potencial*), como a acessibilidade normalizada do grupo de referência. Isto será discutido na sequência, primeiro através da descrição dos principais detalhes do modelo e depois através de um exemplo de aplicação prática.

4. O MODELO DE ACESSIBILIDADE RELATIVA PROPOSTO

Nesta seção são discutidos inicialmente os detalhes do modelo original, que se fundamenta em uma avaliação multicritério de acessibilidade. Em seguida, é apresentada a formulação do modelo de acessibilidade relativa.

4.1. Modelo de avaliação multicritério de acessibilidade

O *modelo de avaliação multicritério de acessibilidade* adotado teve como base o modelo originalmente proposto por Mendes (2000) em um estudo de avaliação da acessibilidade para localização industrial baseado na medição de afastamento, incluindo para isto, o efeito da *distância*. Posteriormente, o mesmo modelo foi também aplicado para a avaliação da acessibilidade em um *campus* universitário, entretanto ainda utilizando apenas o efeito da *distância* como medida de impedância (Rodrigues, 2001 e Silva *et al.*, 2008). Uma pequena adaptação em alguns dos pontos teóricos abordados no modelo original de avaliação da acessibilidade foi implementada, principalmente no que diz respeito ao efeito da distância. Passou a ser agora considerado o efeito do *tempo de caminhada*, tal como adotado por Aguiar *et al.* (2009) e Aguiar (2010). Os principais pontos, já adaptados, são:

- a acessibilidade pode ser avaliada em relação a um determinado objetivo; a título de exemplo, o objetivo pode ser a localização de pontos no interior de um *campus* universitário;
- o índice de acessibilidade a ser calculado resulta da combinação dos tempos de caminhada

(tempos de viagem) a um conjunto de destinos-chave (por exemplo, edificações, representados por pontos). Por sua vez, estes tempos de viagem resultam das condições de locomoção relativas a cada grupo específico de usuários. A definição dos pontos de origem, para os quais são medidos os níveis de acessibilidade dentro de uma determinada área, depende da forma como o espaço é modelado. Foi adotada uma modelagem em rede, onde são consideradas origens todos os nós existentes na sua definição;

- os destinos-chave estão relacionados com os objetivos dos usuários e podem possuir importâncias diferentes (pesos);
- os meios que permitem alcançar os destinos-chave podem apresentar diferentes níveis de resistência ao movimento (fricção) que condicionam os tempos de caminhada. A título de exemplo, e do ponto de vista do modo a pé, a fricção advirá das “dificuldades” encontradas no percurso, como é o caso de escadas ou rampas. Como consequência, de acordo com as características de locomoção de cada indivíduo, um mesmo trecho pode apresentar diferentes níveis de resistência para cada grupo de usuários;
- os tempos de caminhada aos destinos-chave resultam da combinação dos tempos reais (provenientes da razão entre distâncias reais e velocidades adotadas), considerando o nível de fricção da superfície para cada grupo de usuários;
- os tempos de caminhada aos destinos-chave podem ser normalizados através de funções *fuzzy* que, após a aplicação dos pesos, representam a sua contribuição para o índice de acessibilidade.

Assim, para a execução do modelo multicritério, primeiramente deve ser definido um espaço urbano a ser avaliado. Em seguida, devem ser levantados os seguintes dados: caracterização da rede de pedestres nesse espaço (por meio de estudos de observação); identificação dos destinos-chave e seus respectivos pesos (por meio de aplicação de questionários); adoção de velocidades para cada grupo de usuários (por meio de testes com usuários ou dados levantados em pesquisas anteriores); e, obtenção do tempo de viagem normalizado para todos os percursos e para cada grupo de usuários (por meio de questionário são obtidos os tempos máximos e, por meio de mapas em SIG-T e matrizes de menores caminhos, são obtidos os tempos reais com suas devidas impedâncias já verificadas nos estudos de observação e levantamento de campo). Em seguida, pode ser então aplicada a avaliação multicritério (Equação 1) pelo método de Combinação Linear Ponderada (WLC, da sigla em inglês), para o caso específico da *acessibilidade de espaços para pedestres*.

$$A_i^u = \sum f^u(c_{ij})w_j \quad (1)$$

em que A_i^u : índice de acessibilidade de um local i para o grupo de usuários u ;
 $f^u(c_{ij})$: função linear tempo-custo para o grupo de usuários u entre o local i e o destino-chave j (função do tempo normalizado);
 w_j : peso do destino-chave j .

Obtido o valor dos índices de acessibilidade A_i^u de cada localização “ i ” para cada grupo de usuários “ u ” pelo procedimento WLC, é possível determinar o nível de acessibilidade global pelo procedimento Média Ponderada Ordenada (ou OWA, da sigla em inglês) (Silva *et al.*, 2008). Este procedimento possibilita a definição de cenários através de combinações de diferentes vetores *order weights*, como proposto originalmente por Mendes (2000) e posteriormente adotado por Aguiar *et al.* (2008) e Aguiar *et al.* (2009). Entretanto, o

procedimento OWA leva à perda da identificação dos grupos analisados, pois embora os cenários resultantes permitam considerar diversas situações (cenários pessimistas ou otimistas, por exemplo) os pesos dos grupos passam a ser vistos de forma combinada. Foi esta limitação que levou à formulação do modelo de acessibilidade relativa agora discutido.

4.2. Formulação de um modelo de acessibilidade relativa

A segunda parte do modelo de avaliação proposto destina-se à obtenção do índice de acessibilidade relativa. A *acessibilidade relativa* de um determinado grupo com deficiência ou com restrição de locomoção foi considerada como sendo uma porcentagem em relação ao grupo com maiores valores de índices de acessibilidade. Portanto o termo “*acessibilidade relativa*” foi assim designado devido à obtenção deste índice ser dada a partir de um grupo referencial. O referencial adotado foi o grupo de usuários sem restrição de mobilidade. A proposta de adoção deste grupo é justificada por se admitir que pessoas sem restrições de mobilidade geralmente encontram maior facilidade de deslocamento ao realizarem uma caminhada. Entretanto, torna-se necessário mensurar o quanto de facilidade de deslocamento (*mobilidade potencial*) este grupo de usuários apresenta em relação aos demais grupos. Esta denominação se enquadra no conceito que considera que a mobilidade a pé depende diretamente de dois fatores: as características de locomoção de um indivíduo e o desempenho do espaço (Figura 1). Estes dois fatores são contemplados no primeiro termo da Equação 1, que diz respeito à função custo de viagem em relação ao tempo despendido.

Obtido o resultado dos índices de acessibilidade A^u_i , de forma separada para cada grupo de pessoas selecionadas por meio da avaliação multicritério (etapa anterior), foi proposto um estudo de relações entre os grupos para análise. Para tornar o estudo possível foi necessário considerar que o peso por funcionalidade para o grupo de destinos-chave (segundo termo da Equação 1) fosse o mesmo, independente do grupo de usuários. Esta foi uma maneira de simplificar o uso do modelo. Isto significa que um determinado destino deve receber peso igual (devido à sua importância de utilização) para os quatro grupos de usuários.

É importante esclarecer que a *mobilidade potencial* é também *relativa*, pois é obtida a partir de determinado grupo adotado como referência (grupo de pessoas sem restrições de locomoção). Ela representa, portanto, um percentual de mobilidade de um determinado grupo com restrição, ou seja, representa o quanto um idoso, um cadeirante ou um cego consegue se deslocar de uma determinada origem a um destino em relação a uma pessoa sem dificuldade de locomoção. Para ser combinada com a *mobilidade potencial*, a acessibilidade do grupo de referência (grupo de pessoas sem restrição de locomoção) foi normalizada. A finalidade desta normalização foi estabelecer uma medida relativa de acessibilidade para as áreas urbanas em estudo. Foram utilizados então, os valores mínimo e máximo, por meio de um processo de variação linear (de 0 a 1), para definir a segunda escala adotada nesta etapa.

O índice de acessibilidade relativa pode então ser expresso com base em duas variáveis mensuráveis linearmente, ou seja, por meio de duas escalas lineares elaboradas. Assim, tornou-se necessário combinar estas escalas em um plano (ou um espaço bidimensional), conforme apresentado na Figura 2. No eixo das abscissas está representada a acessibilidade normalizada do grupo de referência e, no eixo das ordenadas, a mobilidade potencial. Desta forma, a acessibilidade relativa pode ser avaliada pelas “coordenadas” (x, y) de um espaço de análise bidimensional, assim definidas:

$$A_{Ri}^u = \left(\frac{A_i^{srl}}{A_{i_{m\acute{a}x}}^{srl}}, \frac{A_i^u}{A_i^{srl}} \right)$$

em que A_{Ri}^u : índice de *acessibilidade relativa* de um local i para o grupo de usuários u com restrições de locomoção;
 A_i^{srl} : índice de acessibilidade de um local i para pessoas sem restrições de locomoção (srl);
 $A_{i_{m\acute{a}x}}^{srl}$: valor máximo de acessibilidade do mesmo local i para pessoas sem restrições de locomoção (srl);
 A_i^u : índice de acessibilidade de um local i para o grupo de usuários u (com restrições de locomoção).

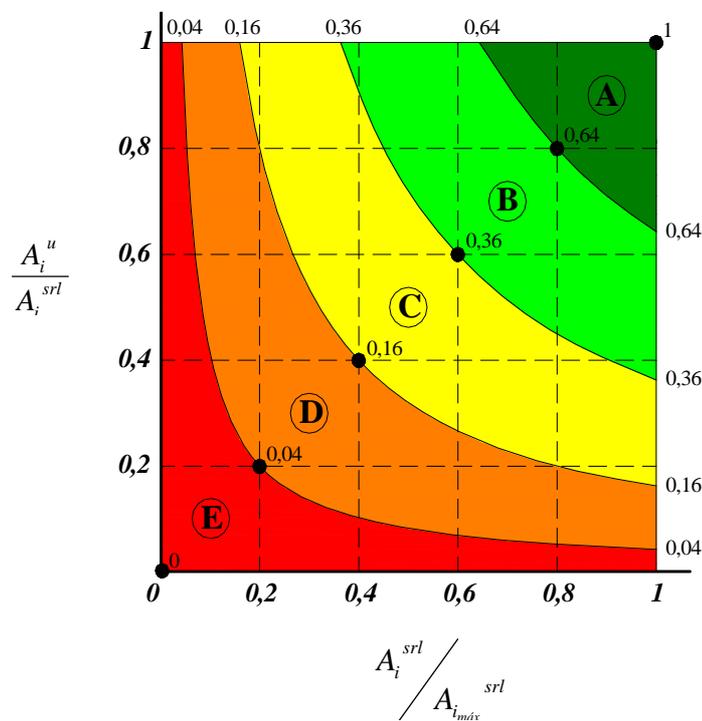


Figura 2: Escala de Níveis de Serviço proposta para avaliação da acessibilidade relativa

Em seguida foram definidas, nos dois eixos, cinco faixas (de 0 a 1) tanto para a mobilidade potencial quanto para a acessibilidade normalizada do grupo de referência. Da combinação destas faixas foram obtidos cinco níveis de serviço (de A até E), em que “A” é a melhor situação e “E”, a pior. Cada nível foi delimitado por “pontos de controle” definidos em uma linha de 45° a partir da origem do gráfico (resultado da combinação de valores dos dois eixos), conforme apresentado na Figura 2. A partir daí, foram geradas as superfícies que contemplam os limites definidos por estes pontos de controle. Isto significa que um dado valor obtido das várias possibilidades de combinação entre a “*mobilidade potencial*” e a “*acessibilidade normalizada*” poderá ser localizado no gráfico dentro de uma de suas faixas. Cada faixa, por sua vez, é compreendida entre os valores-limites correspondentes aos pontos de controle, já determinados. Este valor obtido representa então, o índice de “*acessibilidade relativa*”. Assim, o índice proposto de acessibilidade relativa pôde ser determinado por meio da relação das condições de mobilidade potencial de um determinado grupo de usuários com

restrições de mobilidade e o grupo sem restrição. Já os níveis de serviço podem ser determinados com o auxílio da Figura 2.

5. APLICAÇÃO

Com a aplicação do método foi possível calcular valores de *acessibilidade relativa* na Área 1 do *campus* da Universidade de São Paulo em São Carlos (para a aplicação completa, ver Aguiar, 2010). Os principais valores de referência para a primeira etapa da análise foram: os tempos de percurso para cada grupo de usuários e a importância dos destinos selecionados. Assim, pôde-se utilizar a Equação 1 para se determinar o índice de acessibilidade (A^u_i) do mesmo espaço para cada um dos grupos de usuários. De posse desses resultados, puderam ser determinados os índices de acessibilidade relativa dos grupos específicos selecionados (segunda etapa do modelo), com base nos procedimentos descritos no item 4.2.

Como o modelo proposto é implementado em ambiente SIG, os resultados podem ser visualizados também em mapas geográficos da área em questão. Na Figura 3, por exemplo, são apresentados os resultados dos níveis de acessibilidade relativa das vias dentro do *campus* da EESC/USP, para o grupo de usuários cegos e cadeirantes. Os níveis, nesse caso, são mostrados ao longo dos caminhos existentes no *campus*, exteriores às edificações. Os pontos representados em verde apontam os locais com melhores níveis de serviço para os dois grupos, em amarelo aqueles com condições intermediárias e, em vermelho, os piores. As letras associadas aos níveis de serviço de cada grupo aparecem lado a lado na legenda da Figura 3, sendo o primeiro relacionado aos usuários cegos e o segundo aos cadeirantes.

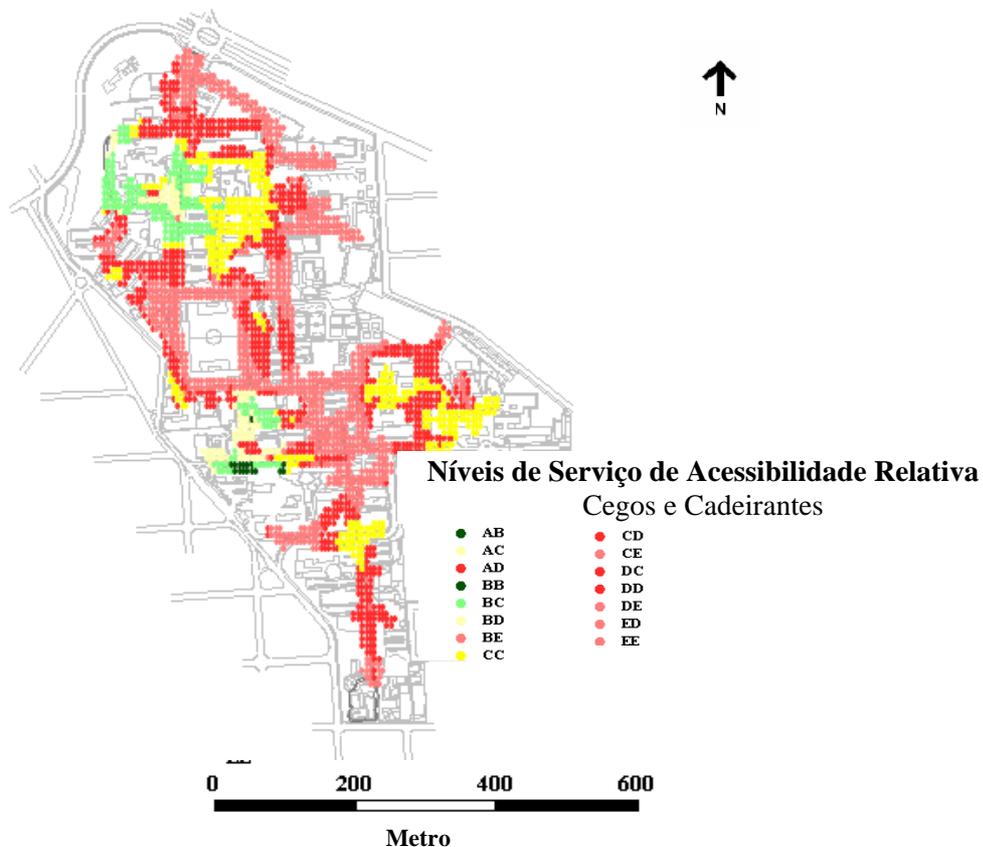


Figura 3: Níveis de serviço de acessibilidade relativa combinados para indivíduos com deficiência visual total e cadeirantes

Ainda como exemplo de aplicação do método, foi recortado um percurso para análise da acessibilidade relativa somente para usuários com deficiência visual total (cegos). O percurso selecionado possui aproximadamente 400 m de comprimento e foi avaliado em apenas um sentido. No sentido avaliado, apresenta trechos com alguns desníveis (degraus ascendentes em sua maioria), trechos com diferentes inclinações (rampas ascendentes), além dos trechos praticamente planos.

Os pontos plotados nos gráficos da Figura 4 representam as origens i situadas no percurso (em que foram admitidos no modelo os nós da rede para o trecho avaliado). Os valores de acessibilidade relativa em cada um destes pontos puderam ser localizados neste gráfico pela combinação dos resultados da *mobilidade potencial* do grupo de usuários cegos (eixo das ordenadas) e a *acessibilidade normalizada* do grupo de usuários sem restrições de locomoção (eixo das abscissas). A partir da localização destes pontos no gráfico (Figura 4a) foi possível identificar as faixas de nível de serviço de acessibilidade relativa correspondente a cada um deles. No caso do percurso avaliado, os níveis C, D e E foram identificados. Em seguida, cada ponto pôde assumir como identificação do seu nível de acessibilidade relativa, a cor ou o símbolo correspondente (Figura 4b). Desta forma foi possível transportar estes pontos para um novo gráfico (Figura 5), onde puderam ser visualizados os resultados ao longo de todo o comprimento do percurso. A possibilidade de se dispor os dados ao longo do percurso, de tal forma que a sequência em metros ficasse preservada e equivalente ao comprimento selecionado, permitiu a comparação direta desses valores com dados de percepção do usuário, para fins de validação do modelo, conforme detalhado em Aguiar (2010).

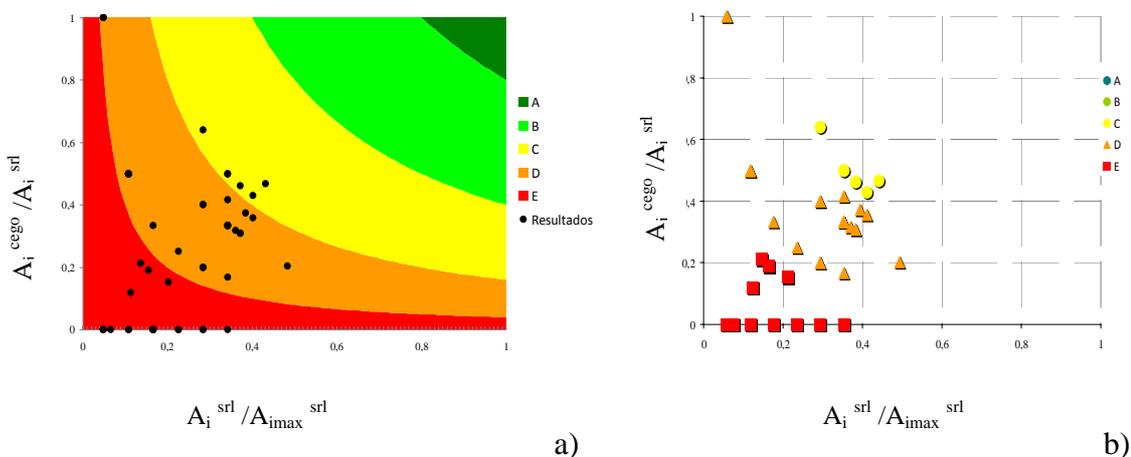


Figura 4: Resultado dos níveis de acessibilidade relativa obtidos pelo modelo proposto em cada trecho do percurso analisado para os usuários cegos

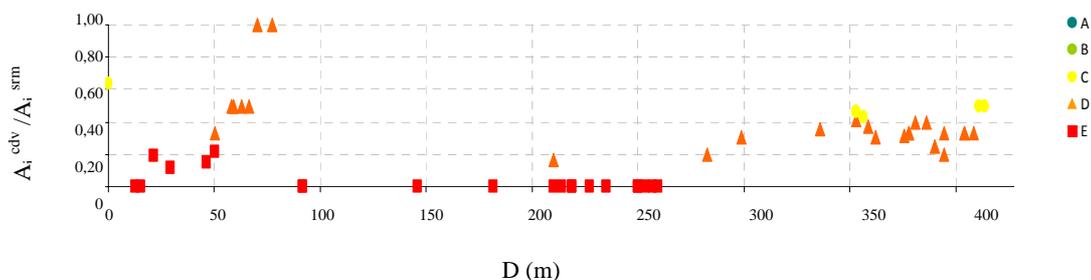


Figura 5: Resultado dos níveis de acessibilidade relativa obtidos pelo modelo proposto ao longo do percurso analisado

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal objetivo a proposição de um modelo que identificasse níveis de acessibilidade relativa dos espaços urbanos de circulação de pedestres. O método multicritério adotado como base (Aguiar *et al.*, 2009; Aguiar, 2010) serviu como uma importante ferramenta de avaliação capaz de obter o índice de acessibilidade de grupos específicos de pedestres de forma individualizada. Isto é possível através da Combinação Linear Ponderada (WLC) dos critérios adotados para cada grupo. A utilização deste método como originalmente sugerido por Aguiar *et al.*, 2009, no entanto, admite uma relação entre as acessibilidades dos usuários através de compensações (combinação OWA) que, do ponto de vista da equidade, parece não ser a melhor estratégia para avaliação da acessibilidade.

O modelo agora proposto mantém várias premissas do modelo de avaliação multicritério original. Entretanto, o critério de *tempo de percurso* substituiu o critério distância de caminhada. Este novo critério foi utilizado por se relacionar diretamente à capacidade de locomoção de cada grupo e à performance do espaço urbano. Já a importância dos destinos selecionados, que também fez parte dos critérios originalmente utilizados, foi mantida.

A introdução de uma forma de análise complementar ao método multicritério possibilitou fornecer níveis de serviço como medida relativa de acessibilidade. Isto garantiu a análise dos índices de acessibilidade relativa de espaços urbanos utilizados por pessoas com deficiência ou com restrições de locomoção em relação aos usuários sem restrições de locomoção. A adoção de níveis de serviço pelo método proposto tem como vantagem a garantia da conservação dos valores obtidos. Isto significa que estes valores não perdem o vínculo com o grupo de usuários analisado, pois resultam apenas da combinação de coordenadas. O modelo permite identificar a distribuição dos níveis de acessibilidade relativa dos ambientes de circulação de pedestres numérica e graficamente, inclusive em mapas.

A possibilidade de se obter indicadores ou índices de acessibilidade relativa para a caracterização das condições de mobilidade potencial de pedestres garante resultados mais próximos da realidade pois, ao invés de se obter níveis (bons ou ruins) de acessibilidade da via para um determinado tipo de usuário, pode-se, com este estudo, indicar o quanto esta via é pior para estes usuários quando comparados aos indivíduos sem dificuldade de locomoção. Sendo assim, o modelo pode se constituir em importante ferramenta de apoio à decisão para planejadores e administradores urbanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), à CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) por contribuírem para diferentes fases do desenvolvimento da pesquisa que deu origem a esse artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2004) *NBR 9050 - Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2ª ed. 97 p.
- Aguiar, F. de O.; A. N. R. da Silva, R. A. R. Ramos e V. N. Yuassa (2008) Avaliação da Mobilidade em Espaços Urbanos com Deficiências para Pessoas com Dificuldade de Locomoção. In: PLURIS 2008 - I Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, Santos - SP. Anais. (em CD-ROM).
- Aguiar, F. de O.; R. A. R. Ramos e A. N. R. da Silva (2009) Cenários de Avaliação das Restrições à Mobilidade dos Pedestres em Espaços Públicos: O Caso de um *Campus* Universitário. In: *Revista Transportes*. Vol.

17. Nº 2. Disponível em: <http://www.revistatransportes.org.br/index.php/anpet/article/view/354>. Acesso em: 04 de agosto de 2010.
- Aguiar, F. de O. (2010) *Acessibilidade Relativa dos Espaços Urbanos para Pedestres com Restrições de Mobilidade*. Tese de Doutorado. São Carlos: EESC/USP. Departamento de Engenharia de Transportes. 170 p.
- Brasil (2000) *Lei nº 10.098*, de 19 de dezembro de 2000. Diário Oficial da União, 20/12/2000. Brasília. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/lei10098.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2008.
- Church, R. L. e J. R. Marston (2002) Measuring Accessibility for People with a Disability. *In: Geographical Analysis*, Vol. 35, No. 1 (January 2003) The Ohio State University.
- Costa, M. da S. (2008) *Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável*. Tese de Doutorado. São Carlos: EESC/USP. Departamento de Engenharia de Transportes. 248 p.
- Duarte, C. R. e R. Cohen (2004) Arquitetura, Espaço, Acesso e Afeto: A Construção de uma Experiência Afetiva por Pessoas com Dificuldade de Locomoção. *Seminário Internacional Sociedade Inclusiva*, PUC-Minas. Disponível em: <http://www.bengalalegal.com/afetoelugar.php>. Acesso em: 19 de setembro de 2007.
- ECMT (2006) Improving Transport Accessibility for All – Guide to Good Practice. *European Conference of Ministers of Transports*. Disponível em: <http://www.internationaltransportforum.org/europe/ecmt/pubpdf/06TPHguide.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2009.
- Gondim, M. F. (2001) *O Transporte não Motorizado na Legislação Urbana no Brasil*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ. Departamento de Engenharia de Transportes. 185 p.
- Mendes, J. F. G. (2000) Decision Strategy Spectrum for the Evaluation of Quality of Life in Cities. *In: Proceedings of the International Conference on Quality of Life in Cities – ICQOLC 2000*, Cingapura.
- Ministério das Cidades (2005) *Ateprojeto de Lei da Política Nacional de Mobilidade Urbana*. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana - SEMOB, Departamento de Regulação e Gestão. 2ª ed. Brasília, Novembro 2005.
- Ostroff, E. (2001) Universal Design: The New Paradigm. *In: Universal Design Handbook*. Wolfgang Preiser and Elaine Ostroff. McGraw-Hill. Chapter 1. pp. 1.3-1.12.
- Prado, A. R. de A. (1997) Ambientes Acessíveis. *I Seminário Nacional "A Pessoa Portadora de Deficiência no Mundo do Trabalho"*, CORDE. Disponível em: <http://www.entreamigos.com.br/>.
- Ramos, R. A. R. (2000) *Localização Industrial: Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal*. Tese de Doutorado. Braga: Universidade do Minho/Escola de Engenharia. 299 p.
- Rodrigues, D. S. (2001) *Avaliação Multicritério da Acessibilidade em Ambiente SIG*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Braga, Portugal. 144 p.
- Silva, A. N. R. da; R. A. R. Ramos; L. C. L. de Souza; D. S. Rodrigues e J. F. G. Mendes (2008) *SIG: Uma Plataforma para Irodução de Técnicas no Planejamento Urbano, Regional e de Transportes – Uma Ferramenta 3D para Análise Ambiental Urbana, Avaliação Multicritério, Redes Neurais Artificiais*. São Carlos, SP: EdUFSCar. 227 p.

FABÍOLA DE OLIVEIRA AGUIAR
fabíola_agui@hotmail.com
 UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
 Centro de Ciências Tecnológicas
 Departamento de Arquitetura e Urbanismo
 Rua da Estrela, 472, Centro
 65010-200 São Luis, MA, Brasil

RUI ANTÓNIO RODRIGUES RAMOS
rui.ramos@civil.uminho.pt
 UNIVERSIDADE DO MINHO
 Departamento de Engenharia Civil
 Escola de Engenharia
 Campus Gualtar
 4710-057 Braga, Portugal

ANTÔNIO NÉLSON RODRIGUES DA SILVA
anelson@sc.usp.br
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 Escola de Engenharia de São Carlos
 Av. Trabalhador São-carlense, 400
 13566-590 São Carlos, SP, Brasil

EDUARDO AURÉLIO BARROS AGUIAR
eaeng@bol.com.br
 UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
 Centro de Ciências Tecnológicas
 Departamento de Engenharia Civil
 Cidade Universitária Paulo VI, S/N
 65055-970 São Luis, MA, Brasil