

INTEGRAÇÃO DE OBJETOS MÓVEIS À SOLUÇÃO DO MENOR CAMINHO: MONITORANDO O TRANSPORTE DE VÍTIMAS NO CARNAVAL DE SALVADOR

Tatiana Santos Araújo*

RESUMO: *Em situações reais de deslocamento de vítimas, a escolha correta do caminho a ser seguido pode representar a vida ou morte de uma pessoa, principalmente se o deslocamento se faz por trechos congestionados. Para resolução deste problema este artigo apresenta uma solução que integra Teoria dos Grafos, Objetos Móveis - através da tecnologia WAP, e Web Services para determinação de roteamento e possíveis alterações. Foi utilizado como estudo de caso o Carnaval da cidade de Salvador, em particular o circuito Barra-Ondina. O sucesso do estudo é comprovado com a aplicação-piloto que determina o menor caminho transitável, de um ponto de emergência ao hospital mais próximo e, caso esse não seja viável, planeja recursivamente o próximo menor caminho, oferecendo aos seus usuários auxílio na tomada de decisão de qual rota seguir para alcançar seu destino com segurança e rapidez.*

Palavras-chave: Objetos Móveis; Caminho mínimo; Algoritmo Dijkstra.

1. INTRODUÇÃO

Em diversas situações de risco, a vida humana pode depender da decisão de qual rota seguir, principalmente em se tratando de caminhos com congestionamento. Nestas situações, simplesmente determinar a rota pode não ser suficiente, pois poderá ser necessário alterar o caminho previamente traçado para alcançar o destino com maior rapidez e segurança.

Diversos trabalhos na literatura científica abordaram a questão de determinação de rotas com algoritmos já consolidados, integrando-os a tecnologias atuais.

O trabalho apresentado por Lux (2001) teve por finalidade investigar o uso de algoritmos de caminho mínimo e o componente de software "MapObjects" na implementação de um sistema para determinação da melhor rota entre um centro de atendimento a situações de emergência e o local da ocorrência.

Por sua vez, o estudo proposto por Silva (1999) descreve a implementação de uma aplicação, acessada através da Web, voltada para a pesquisa das ocorrências de um ramo de atividade econômica que estejam mais próximas de um endereço de origem fornecido.

Entretanto, nenhum deles integrou algoritmos de caminhamento com objetos que se movem ao longo do tempo.

O objetivo deste projeto consiste em apresentar uma solução para determinação e modificação de roteamento com o algoritmo de Dijkstra, integrando-o a Objetos Móveis e Grafos através de um Web Service, em uma mesma aplicação num ambiente urbano.

Para validação deste trabalho, apresenta-se uma aplicação-piloto para controle e monitoramento de deslocamento de veículos policiais e de ambulâncias no perímetro do Carnaval na cidade do Salvador, sendo que o objetivo da aplicação é determinar um caminho a ser percorrido pela unidade de socorro solicitante e, no caso de o trajeto encontrar-se bloqueado, criar nova rota para que esta unidade chegue ao seu destino com o menor custo possível.

* Aluno, Universidade Católica do Salvador - Bacharelado em Informática; tatianaaraujo9@yahoo.com.br, autor. Orientador: Expedito Carlos Lopes, Professor, Mestre, Departamento de Informática / Universidade Católica do Salvador – UCSal; expedito@ucsal.br.

A próxima seção apresenta uma breve revisão bibliográfica a respeito de conceitos e definições necessárias ao desenvolvimento da aplicação. Na seção 3, é apresentada a aplicação-piloto sobre deslocamento de veículos policiais e ambulâncias com vítimas no percurso do Carnaval de Salvador. Por fim, a seção 4 apresenta as conclusões e possíveis extensões a este trabalho.

2. CONCEITOS BÁSICOS

A seguir, apresentam-se conceitos e definições utilizadas neste trabalho, envolvendo Teoria dos Grafos, tecnologias Objetos Móveis, WAP e Web Services.

2.1 Teoria dos Grafos

Segundo Aloise, Cruz (2001), um grafo é uma estrutura matemática formada por um conjunto não-vazio de pontos (V), cujos elementos são chamados *vértices* ou *nós*, e um conjunto de segmentos (E) que são denominados de *arestas*. Uma aresta é um par não-ordenado (v_i, v_j) , onde v_i e v_j são elementos de V . Caso o grafo seja orientado - possua sentido - uma aresta passa a ser definida como um par orientado de vértices, sendo denominada arco.

Um caminho em um grafo é uma seqüência de vértices v_1, \dots, v_n , na qual todos os arcos possuem orientação. Um caminho que não passa duas vezes pelo mesmo vértice é um *caminho simples* (ou *elementar*). Já um grafo valorado é aquele cujas arestas possuem um valor, ou seja, um peso. (Aloise, Cruz, 2001).

Segundo Cantarelli (2003), uma das mais acessíveis aplicações da teoria dos grafos é em problemas que envolvem transportes e caminhamento. Pode-se considerar, neste caso, os vertices como pontos de parada ou referência e as arestas como as estradas, ruas, etc. Por sua vez, os pesos podem ser distâncias, períodos do tempo, perdas, ganhos ou despesas.

A figura 1 mostra um grafo valorado, orientado e o caminho mínimo do nó 1 até o nó 8, passando pelos nós 2, 3, 6 e 7, destacado pelas setas pontilhadas. Neste grafo, os pesos estão referenciados nas arestas, representando as distâncias entre os nós. Considerando uma aplicação em trânsito, os nós poderiam ser os pontos de referência, tais como cruzamentos; as arestas seriam as vias que os ligam e as distâncias, os pesos associados aos arcos.

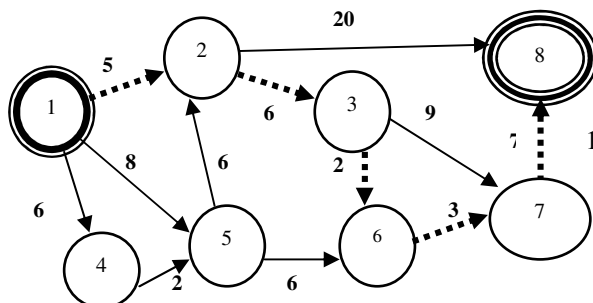


Figura 1 - Grafo orientado e valorado com destaque para o caminho mínimo

2.1.1 Algoritmo de Dijkstra

Conforme elucidação de Davis (1997), para determinação de menor caminho entre dois pontos, este algoritmo necessita de um grafo valorado, que é formado por um conjunto de vértices e um conjunto de arestas. É necessário também conhecer os vértices origem e destino. A partir daí, os passos para execução deste algoritmo são:

- dividir os vértices em três conjuntos: visitados, candidatos e desconhecidos; (Davis, 1997).
- Inicialmente, coloca-se no conjunto dos visitados o vértice origem e os outros vértices do grafo no conjunto dos desconhecidos;
- os vértices adjacentes ao vértice origem são transferidos para o conjunto dos candidatos, assim como o custo deles até a origem;
- entre os vértices armazenados no conjunto dos candidatos, transfere para o conjunto dos visitados o vértice com menor custo;
- o processo se repete agora avaliando os vértices adjacentes ao adicionado ao conjunto dos visitados;
- os passos são repetidos até que seja adicionado ao conjunto dos visitados o vértice destino ou não haja mais vértices no conjunto dos desconhecidos. Caso isso aconteça, é verificado que não existe caminho entre a origem e o destino informados.

Na figura 2, é exemplificada a execução do algoritmo. Nesta implementação, o algoritmo foi utilizado para determinar a menor distância entre a cidade de São Paulo e Recife. Em 2(a) é mostrado o grafo com as distâncias e em 2(b) é destacado o menor caminho gerado pela execução do algoritmo de Dijkstra, conforme (Cantarelli, 2003).

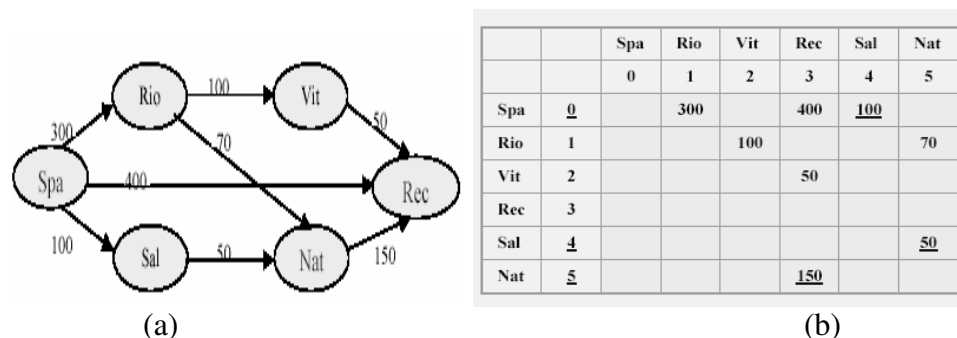


Figura 2 – (a) Grafo orientado e valorado (b) Matriz Distância com representação do menor caminho

2.2 Tecnologias

Segundo Yi, Medeiros (2000), Objeto Móvel é qualquer objeto pontual ou com extensão, que muda sua posição geográfica continuamente, conforme o passar do tempo, podendo ser considerada uma derivação de um objeto espaço-temporal.

De acordo com Oliveira (2003), as aplicações para objetos móveis variam de acordo com a sua utilização, podendo ter suas informações armazenadas em base de dados ou não. Além disso, numa consulta, a mobilidade pode estar tanto no objeto que realiza a consulta como no alvo dessa consulta.

Normalmente objetos móveis operam em redes *wireless*. Sendo assim, a tecnologia WAP (Protocolo de aplicações sem fio) é adequada para prover comunicação entre esses tipos de dispositivos.

A tecnologia WAP surgiu da necessidade de criação de um padrão global para acesso à Internet por meio de dispositivos móveis, como telefones celulares, pagers, PDA (*Personal Digital Computer*), entre outros. Assim, em 1997, durante o WAPForum, empresas de telefonia celular como Motorola, Nokia e Ericsson definiram e adotaram a linguagem WAP como padrão para Internet móvel, conforme Oliveira (2000).

De acordo com Silva (2000), o padrão WAP nasceu da necessidade de adaptação do modelo WWW (Interface Gráfica da Internet) para dispositivos móveis, sendo então a arquitetura WAP similar ao modelo WWW. A principal diferença entre as arquiteturas é a presença obrigatória de um *gateway* WAP, que serve para traduzir o conteúdo HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) em WAP e vice-versa. Além disso, o padrão utiliza código binário para minimizar os problemas associados ao uso de protocolos Internet.

Os dispositivos móveis vieram prover uma nova era de informação. Informação disponível a qualquer tempo e lugar. A partir daí foram criadas novas tecnologias que auxiliam esse processo de disponibilização de informação. Uma delas é a tecnologia dos *Web Services*.

Conceituando os *Web Services* de acordo as suas características, esses são definidos por serem uma tecnologia que possibilita a interoperabilidade entre aplicações distintas, usando como meio de comunicação a *Web*.(Santos, 2003).

Como esta tecnologia trabalha com protocolos baseados em XML(*Extensible markup Language*) - que é uma linguagem de marcação, cuja principal característica é a possibilidade de esta poder ser criada pelo usuário baseada na estruturação dos dados - torna-se um padrão aberto, de domínio público, ou seja, independente de plataforma, podendo ser utilizado por aplicações de diversos tipos como *Web*, *Wap*, para *desktop*, entre outras.(Santos, 2003).

3. APLICAÇÃO DO MONITORAMENTO DE VEÍCULOS POLICIAIS E AMBULÂNCIAS NO CARNAVAL DE SALVADOR

Nesta seção, apresenta-se uma aplicação-piloto para controle e monitoramento de deslocamento de veículos policiais e de ambulâncias no perímetro do Carnaval na cidade do Salvador.

3.1. Ambiente da Aplicação

Em festas populares, a exemplo do carnaval de Salvador, a grande concentração de pessoas promove modificações no tráfego das vias onde estes eventos ocorrem, ocasionando inevitáveis transtornos aos motoristas. Em ocasiões de prestação de socorro, esse fato se torna mais grave, uma vez que se faz necessário obter o menor trajeto, levando em consideração os pontos de congestionamento e bloqueios.

Na questão da assistência a vítimas no perímetro do carnaval, existem dois principais órgãos envolvidos. A EMTURSA (Empresa de Turismo S/A) é a responsável pela montagem, organização e gerência de toda estrutura do carnaval, inclusive pelas instalações dos postos de saúde, postos policiais entre outras estruturas. Já a Secretaria Municipal de Saúde (SMS) é responsável pela localização e gerência destes postos.

A SMS também é responsável pela disponibilização de profissionais da área de saúde para atender a população, assim como é de sua responsabilidade manter ambulâncias junto aos postos, além da manutenção, auxílio a vítimas e transporte dos casos mais graves a hospitais,

sejam eles públicos ou particulares, constituindo-se assim como principal gestora da solução proposta.

Outros órgãos aparecem como auxiliares à EMTURSA e SMS. A Secretaria de Segurança também auxilia o sistema, pois as viaturas policiais podem servir de veículo condutor de vítimas, assim como a Superintendência de Engenharia de Tráfego (SET). Através de suas viaturas e agentes, estes órgãos participam com suas unidades coletoras. Sendo assim, as viaturas da SET comportam-se como objetos móveis responsáveis por informar a situação de tráfego nas vias, viabilizando dessa forma informação correta acerca do trânsito no perímetro em questão.

Com base nesse problema, o estudo deste caso propõe uma solução cujo objetivo é determinar o menor percurso a ser percorrido por uma unidade de socorro (ambulâncias) ou viaturas policiais que estejam prestando serviço de socorro a vítimas e, no caso de o trajeto encontrar-se intransitável, gerar uma nova rota para que a unidade possa chegar o mais rápido possível a seu destino.

Este estudo contempla a utilização de Teoria dos Grafos (para determinação do menor caminho), Objetos Móveis (para informar ocorrências, atualizações e receber informações de qual percurso deve ser realizado) e Web Service (na execução das funções necessárias ao funcionamento da aplicação, principalmente na implantação do algoritmo de Dijkstra).

A aplicação proposta possui arquitetura baseada na figura 3, abaixo. As unidades de socorro, assim como as unidades coletoras são objetos móveis – representados pelos pontos. Esses objetos, através de uma estação Base (Web Service), enviam e recebem as informações pertinentes às rotas. Para alimentar esse sistema, existe o banco de dados com informações sobre logradouros, unidades de socorro e coletoras, usuários, entre outras.

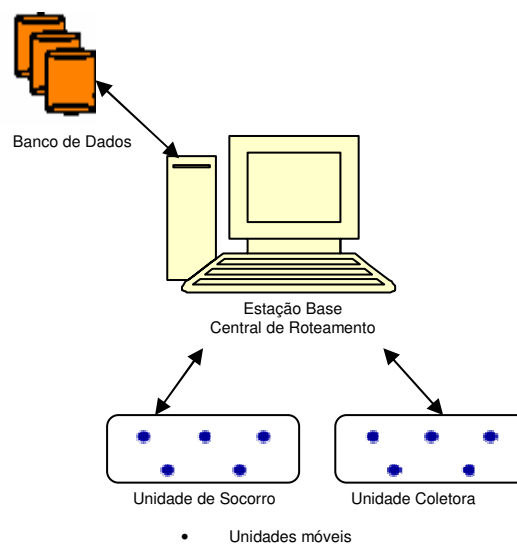


Figura 3 – Arquitetura da aplicação

3.2 Diagrama de Contexto

No diagrama de contexto (figura 4), apresentam-se usuários e as suas interações com o Sistema WAP para Solução do Menor Caminho. Têm-se como usuários agentes socorristas e agentes coletores.

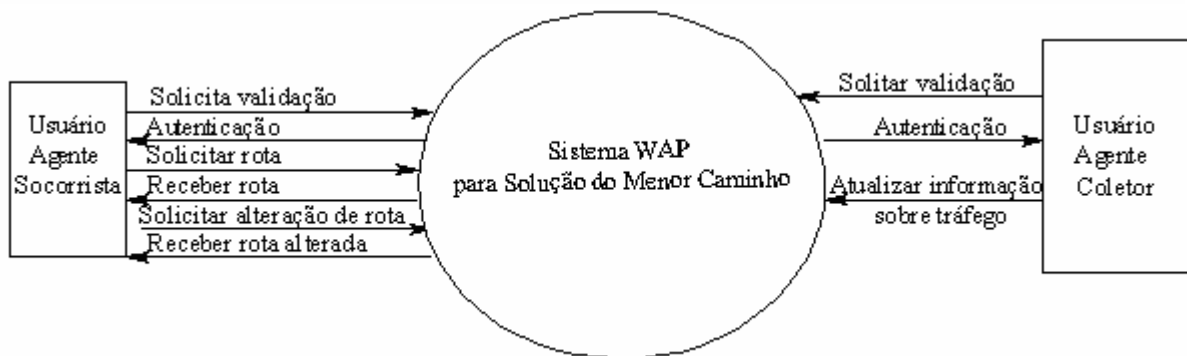


Figura 4 – Diagrama de Contexto

O usuário agente coletor, após validação do seu login e senha, poderá informar qual a situação de tráfego em determinados trechos onde estes fiscalizam, mantendo desta forma as informações acerca do trânsito atualizadas constantemente.

O usuário Agente Socorrista solicita a validação no sistema, recebe como retorno a validação de seu login e senha; depois de feita esta validação, solicita a rota, informando seu posto de partida e qual o seu destino; o sistema processa o pedido e retorna a informação do roteiro a ser seguido.

Caso haja necessidade de alteração da rota, devido a algum congestionamento, p.ex., este usuário pode fazer uma solicitação de novo caminho, informando, neste caso, o local onde se encontra. Desta forma haverá um reprocessamento no sistema e uma nova rota será informada.

3.3 Modelagem Conceitual

A modelagem da aplicação é mostrada na ilustração abaixo, onde são listadas as entidades existentes com seus respectivos atributos além dos relacionamentos necessários entre as tabelas utilizadas em um banco de dados.

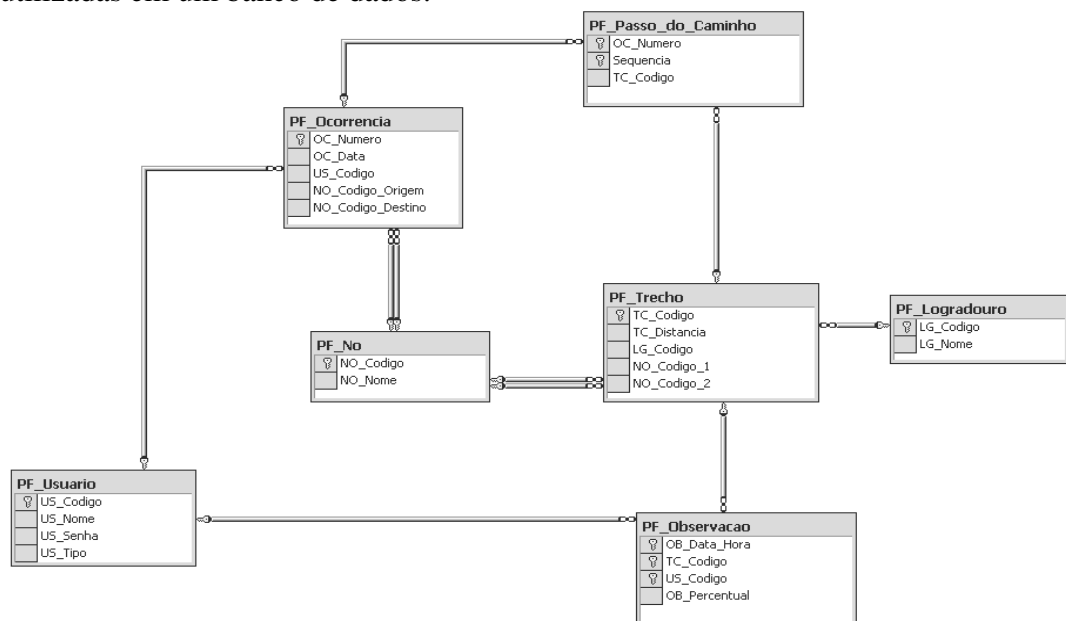


Figura 5 – Modelo Entidade Relacionamento (MER)

A estrutura das tabelas apresentadas na figura 5 é descrita a seguir:

- **PF Logradouro:** Esta tabela contém o nome dos logradouros (vias), que pode ser uma rua, avenida, etc;
- **PF Trecho:** Esta tabela é composta pelos trechos que constituem as vias, ou seja, são as arestas que formam um grafo;
- **PF No:** Nesta tabela, encontram-se dados referentes aos nós, ou seja, aos pontos que delimitam um trecho; assim, esta tabela se relaciona diretamente com a tabela PF_Trecho;
- **PF Usuário:** É a tabela que contém dados referentes aos usuários autorizados a utilizarem o sistema. Existem dois tipos de usuários: agente socorrista e o agente coletor;
- **PF Ocorrência:** É nesta tabela que serão armazenados dados referentes às ocorrências de solicitação de rota. Ela será consultada no momento da redefinição do roteiro devido a entaves no percurso.
- **PF Passo do Caminho:** Nesta tabela, são armazenados os passos do caminho gerado, conforme solicitação feita. Ficam armazenados o código da ocorrência, o passo seqüencial da rota e o respectivo trecho pertencente ao caminho gerado.

3.4 Projeto e Implementação

Neste estudo de caso, é realizada (1) a determinação do menor caminho entre dois pontos (nós); e (2) a possível alteração da rota estabelecida devido aos bloqueios motivados pela alta concentração populacional em determinados trechos do percurso ou por condução de caminhões (trios elétricos).

Inicialmente, o grafo é construído com base no mapa topográfico do circuito do Carnaval da cidade, que é constituído de logradouros compostos por trechos, que por sua vez são delimitados por pares de nós que formam definidos como os cruzamentos entre ruas e avenidas.

Periodicamente, as unidades coletoras, que atuam como objetos móveis, realizam observações acerca do tráfego nos trechos que esses monitoram, atualizam o banco de dados através do Web Service, indicando se determinado trecho estará livre ou intransitável para ser utilizado pelas unidades de socorro que também são objetos móveis. Na figura 6, apresenta-se a seqüência de telas com os trechos passíveis à atualização. Esses trechos são identificados pela sua identificação numérica e pelo nome do logradouro.

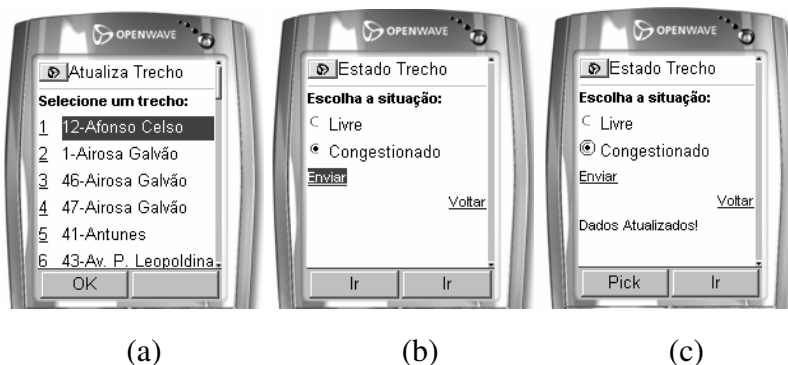


Figura 6 – Atualiza tráfego: seleciona trecho (a), escolhe situação (b) e tem confirmação (c)

Em uma ocorrência, uma unidade de socorro, usando tecnologia WAP, informa em que local se encontra (posto de saúde instalado provisoriamente) e para onde se destina (hospital).

Esta ocorrência é registrada tendo como interface de entrada a figura 7 abaixo. A unidade deslocada pelo veículo de socorro pode ser uma ambulância, por exemplo.

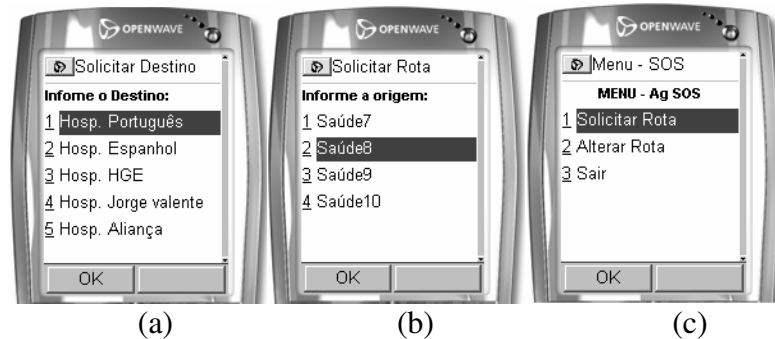


Figura 7 – Solicita rota: informa destino (a), origem (b) e confirma pedido (c)

Feita as opções, através do Web Service, é acionada a função geradora do menor caminho livre, executando-se o algoritmo de Dijkstra, cujo resultado é devolvido à unidade de socorro, conforme figura 8, de forma seqüenciada, identificando todos os trechos que constituem esse caminho. Caso o caminho não seja encontrado é apresentada uma mensagem de erro para o usuário.



Figura 8 – Caminho recebido através da execução do Algoritmo de Dijkstra

Desta forma, uma unidade de socorro funciona como um objeto móvel e registra uma ocorrência que estará associada a dois nós de uma tabela (origem e destino), e também estará relacionada a uma seqüência de passos de um caminho gerado pelo algoritmo de Dijkstra implementado. Cada passo do caminho corresponde a um trecho a ser percorrido. Na figura seguinte, é mostrado um mapa com o menor caminho a ser percorrido em destaque.

A figura 11 evidencia esta situação. Um objeto móvel saindo de seu ponto de origem – Saúde 8 - tem parte do seu percurso já realizado. Porém, existe um ponto de congestionamento (no mapa, um trecho da Av. Centenário), então, o algoritmo apresenta uma nova rota planejada para que o objeto móvel venha a atingir seu destino.

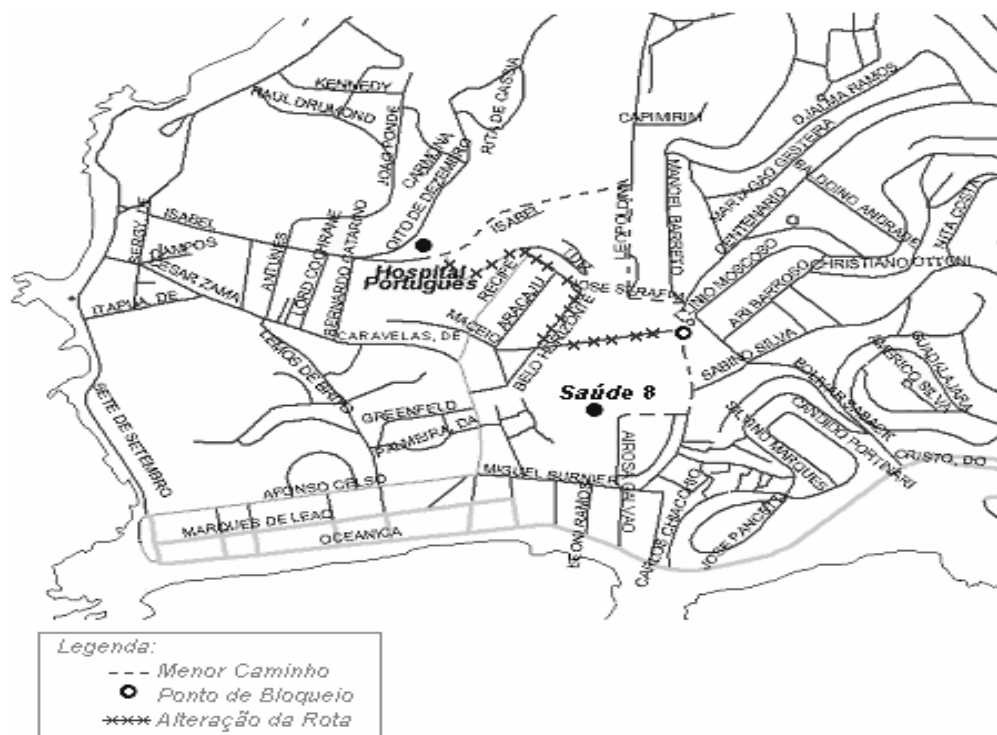


Figura 11 – Representação do caminho alterado no grafo

Para o desenvolvimento desta aplicação foram utilizados o Mobile .NET e a tecnologia .NET para desenvolvimento de aplicações móveis através do Visual Studio .NET 2003, utilizando para tanto a linguagem de programação Visual Basic .Net (VB.Net). Também foi utilizada essa tecnologia para o desenvolvimento do Web Service. O Internet Information Services (IIS) foi escolhido como servidor WEB, responsável por armazenar os arquivos ASP.Net. Para simular a aplicação num ambiente móvel foi utilizado o Openwave SDK 5.1

O sistema operacional onde se desenvolveu a aplicação foi o Windows XP Professional, versão 2002 – Service Pack 2. As tabelas e as informações que compõem a base de dados da aplicação foram construídas no Microsoft SQL Server 2000 Standard Edition.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou, inicialmente, conceitos e definições necessários ao entendimento do nosso projeto com respeito às áreas de Teoria dos Grafos, Objetos Móveis, Tecnologia WAP e Web Services.

A aplicação-piloto para determinação de menor caminho no deslocamento de veículos no evento do Carnaval do Salvador, destacando a possibilidade de mudança de rota devido a problemas de tráfego em determinados trechos, serviu para validar nosso projeto.

Na prática, o desenvolvimento desta aplicação permitirá o controle do deslocamento de veículos de socorro em situações onde o menor caminho não seja suficiente para garantir seu

deslocamento num pequeno espaço de tempo devido a bloqueios encontrados. Porém, na aplicação, determinar-se-á uma nova rota alternativa para ser seguida pelo veículo de socorro.

Com base no estudo apresentado, trabalhos futuros poderão ser integrados. Dentre eles citamos: (1) Integração a Sistemas de Informações Geográficas, gerando os caminhos e apresentando-os em mapas, visando facilitar a análise para tomadas de decisões; (2) Implementação tecnologia GPS para acompanhamento constante dos veículos; (3) Utilização de equipamentos móveis com melhores recursos visuais, tal como Laptops; (4) Monitoramento do contingente populacional e de veículos através de câmaras instaladas em postos do evento; (5) Geração de históricos a partir do registro das ocorrências realizadas para tomadas de decisão por parte dos gestores responsáveis pelo evento.

REFERÊNCIAS

ALOISE, Dario José; CRUZ, João Soriano da. **Teoria dos Grafos e Aplicações**. Disponível em <http://www.dimap.ufrn.br/~dario/arquivos/Cap1_Grafos-2001.pdf>, 2001. Acesso em 01 jun 2004.

CANTARELLI, Elisa M. Pivetta. **Grafos**. 2003. Disponível em <<http://www.fw.uri.br/~elisa/estrutura/grafos-aula.pdf>>. Acesso em 23 jul. 2004.

DAVIS, Clodoveu. **Aumentando a Eficiência da Solução de Problemas de Caminho Mínimo em SIG**. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br/prodabel/cde/publicacoes/1997/davis1997.pdf>>, 1997. Acessado em 06 mar. 2004.

LUX, Beatriz. **Sistema de Otimização de Rotas para Serviços de Emergência em Santa Cruz do Sul/RS, com suporte de software gerenciador de informações geográficas**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, RS. 2001.

MARTINS, Camilla Brandel. **Apostila da Disciplina Análise de Algoritmos**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mandaguari-Departamento de Informática. Mandaguari, 2004.

OLIVEIRA, Adelize Generini de. **Desenvolvendo Sites WAP**. Série Master, Advanced Books, 2000. ISBN: 85-86916-43-9.

SANTOS, Michael Schuenk. **Utilização de Web Services na plataforma .NET para a criação de um aplicativo visualizador de notícias para dispositivos móveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Centro Universitário Luterano de Palmas ULBRA, Palmas, 2003. p. 15-19. Disponível em <http://www.ulbra-to.br/ensino/43020/artigos/relatorios2003-2/TCC/Relatorio_Estagio_Michael.pdf>. Acesso em 10 jun. 2004.

SILVA, Fabiana Bigão. **Páginas Amarelas na Web: Apresentação de resultados de acordo com a localização geográfica**. Tese de Mestrado em Ciência da Computação da UFMG. 1999. Disponível em <<http://www.ip.pbh.gov.br/revista0102/ip0102bigao.pdf>>. Acessado em 24 jan. 2005.

SILVA Jr., Givanildo Francisco. **WAP-Wireless Application Protocol**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tiradentes UNIT, 2000. Disponível em http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/secoes/sec_wap.html Acesso em 13 abr 2004.

YI, Bei; MEDEIROS, Claudia B. **Um Modelo de Dados para Objetos móveis**. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Geoinformática, Caxambu-MG, SBC 2002, p.33-40.