Revista Ciências do Ambiente On-Line Agosto, 2007 Volume 3, Número 2

UTILIZAÇÃO DE GEORREFERENCIMENTO PARA A MELHORA DA SEGURANÇA NO CAMPUS PRINCIPAL DA UNICAMP.

DANIEL FELIX DE BRITO[1], RAFAEL FORTE ARAUJO CAVALCANTI[1], RAFAEL SENA CONCEIÇÃO[1]

[1] Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação/UNICAMP

E-mail do autor correspondente: d038204@dac.unicamp.br

RESUMO: Este trabalho busca estudar possíveis melhorias no monitoramento de segurança no *campus* principal da UNICAMP através de georreferenciamento e aplicação de algoritmos de caminhos mínimos para a determinação de melhores rotas para atendimento de chamadas e determinação de posições mais eficazes para distribuição de centrais periféricas de segurança. Foi realizada uma pesquisa para verificar a satisfação dos usuários da estrutura do *campus* (professores, alunos e funcionários) relativa à utilização dos serviços de segurança disponíveis. Foi observado um índice elevado de insatisfação em relação a esses serviços e, por conseqüência, um grau de insegurança considerável, principalmente no que se refere à utilização das unidades da UNICAMP no período da noite. Foi desenvolvida uma solução baseada nos caminhos mínimos entre um conjunto de unidades e alguns pontos possíveis para o posicionamento de centrais de atendimento. Foram obtidos locais nos quais o posicionamento de centrais de segurança poderia permitir uma melhor cobertura das unidades e um conjunto de rotas que podem ser tomadas para o patrulhamento e atendimento de chamadas pontuais.

PALAVRAS-CHAVE: georreferenciamento, caminhos mínimos, segurança, posicionamento.

INTRODUÇÃO

Georreferenciamento é a associação de pontos, objetos e fatos a um lugar geográfico específico, tomando como base um sistema de coordenadas de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas de pontos específicos da imagem a ser referenciada ou do mapa. Esses pontos eleitos são conhecidos como pontos de controle e têm a característica de possuírem um aspecto físico perfeitamente distinguível. Podem ser: intersecções de estradas, quarteirões, represas entre outros. A obtenção destes pontos de controle é feita utilizando pesquisas em campo (via GPS -- *Global Positioning System*) ou a partir de outras imagens ou mapas já georreferenciados (WIKIPÉDIA, 2007).

Essa técnica vem sendo utilizada de maneira bastante ampla com as mais diversas finalidades: levantamento da ocupação mobiliária urbana e rural (INFOGPS, 2006), roteamento do transporte público (MUNDOGEO, 2007) dentre outras.

Uma outra possível aplicação desta técnica é o planejamento da distribuição de unidades de uma natureza específica de modo a atender as necessidades estabelecidas (por lei, por métricas internacionais). É feito então o georreferenciamento de uma área específica e determinados os pontos críticos relativos às necessidades referidas anteriormente, com o objetivo de determinar um posicionamento adequado das unidades para atender as restrições com base no conjunto de distâncias obtido entre os pontos.

O problema de determinar melhores rotas de patrulhamento e boas posições para centrais de segurança no *campus* de Campinas da UNICAMP, motivado pelo número crescente de furtos e assaltos nessa área e aumento da sensação de segurança nos usuários das unidades (conforme pesquisa desenvolvida), fica então reduzido à ação de buscar um georreferenciamento da área e na utilização de técnicas computacionais conhecidas para a obtenção dos caminhos mínimos. O presente trabalho realizou justamente essas etapas de maneira simplificada, utilizando as imagens oferecidas pelo *GoogleMaps* (Google, 2007), pesquisa de campo e o algoritmo de Dijkstra (CORMEN *et al.*, 2001) para determinar menores rotas para patrulhamento do *campus* e posicionar adequadamente os centros de atendimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A elaboração do trabalho visou a obter as menores rotas possíveis entre um determinado ponto de atendimento e um conjunto de localidades selecionadas no *campus*. A motivação desse trabalho deveu-se a uma sondagem efetuada pela equipe acerca da visão da segurança no *campus* durante o dia e à noite dos usuários das unidades (professores, alunos e funcionários). Os dados colhidos relativos a esta pesquisa serão apresentados oportunamente e o conteúdo do questionário está ao final do artigo identificado como Anexo 1. Para a realização desta pesquisa foram sondados 300 pessoas entre docentes, funcionários e alunos, através de assertivas que teriam seu grau de satisfação determinado pelo entrevistado (de 5 – grau máximo, até 1 – grau mínimo). A metodologia usada para validá-la foi a inferência estatística.

Para a realização do levantamento das distâncias entre os pontos considerados via georreferenciamento optou-se por utilizar o

serviço gratuito disponível na *Internet*, o *GoogleMaps* (GOOGLE, 2007). Esse sítio foi utilizado devido à reconhecida confiabilidade dos serviços oferecidos por ele e sua gratuidade, que permite a replicação desta aplicação de maneira bastante simples em outros cenários.

Sem perda de generalidade, foi escolhido um conjunto representativo de localidades no *campus* para o desenvolvimento do trabalho. Algumas unidades foram omitidas devido à proximidade com outras unidades eleitas.

Através do *GoogleMaps* (GOOGLE, 2007) foi gerado um mapa em escala 1:10000 da área do campus considerada para o estudo das posições das unidades. Foram determinados como pontos de controle a localização aproximada das unidades em relação às vias de acesso existentes. O valor real das distâncias foi obtido através da aplicação da escala aos valores (nominais) do mapa. Para resultados mais precisos, esses valores foram comparados com dados experimentais obtidos pelo grupo através de bicicletas com marcadores de distância. Com as distâncias em mão, foi gerada uma representação gráfica da área de estudo através de um grafo não-direcionado, conexo, cujos vértices representam as localidades e as arestas entre dois vértices representam uma via de acesso entre duas localidades (o peso de cada aresta define a distância entre as facilidades quando a via é utilizada) (CORMEN *et al.*, 2001). Essa modelagem via grafos permite a aplicação de algoritmos clássicos da computação para a obtenção de caminhos mínimos entre um ponto específico (chamado raiz) e os outros pontos do grafo. Um dos algoritmos mais simples e eficientes para essa aplicação é o *Algoritmo de Dijkstra* (MANBER, 1990).

São obtidas então as melhores rotas a partir de cada ponto de atendimento eleito (raiz) para todas as unidades do modelo e é possível obter por inspeção um conjunto de posições para os pontos de atendimento que alcancem às expectativas da população universitária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos referem-se à realização e consolidação dos dados da pesquisa da satisfação dos usuários do *campus*, obtenção das distâncias via *GoogleMaps* (GOOGLE, 2007), conferência experimental das distâncias pelo grupo, consolidação da base de dados, geração do grafo representativo do conjunto de localidades consideradas e aplicação do algoritmo de Dijkstra.

São apresentados os resultados da sondagem feita à população do *campus* a respeito da segurança nos períodos de utilização das unidades e da qualidade de serviço prestada.

Com base nessa pesquisa é verificado que é urgente a tomada de iniciativas no sentido de melhorar a qualidade da segurança, em especial, à noite. (Sobre a pesquisa ver Anexo 1).

A Figura 1 destaca uma sensação de insegurança moderado nos usuários do *campus*. Por outro lado, a Figura 2 evidencia um alto grau de insegurança referente a utilização do *campus* à noite. As Figuras 3 e 4 demonstram o baixo grau de satisfação dos usuários em relação a qualidade do serviço prestado, seja na prevenção quanto em ações de resolução.

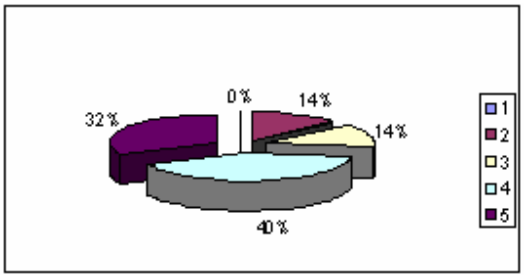

Figura 1. Grau de segurança no *campus* principal da UNICAMP segundo entrevistados da comunidade

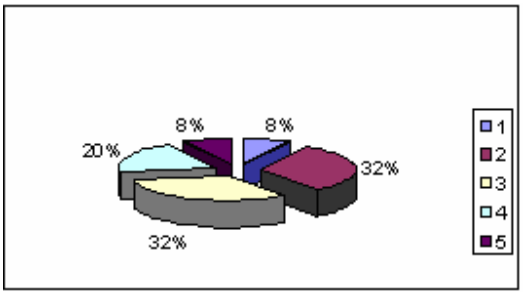

Figura 2. Avaliação da segurança do *campus* à noite segundo entrevistados da comunidade

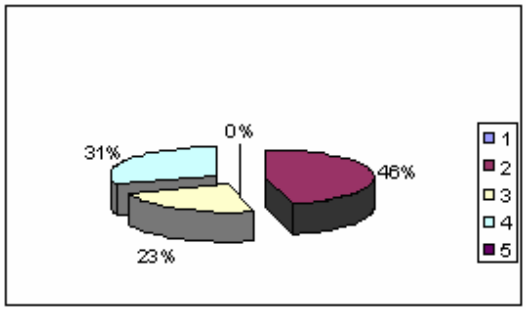

Figura 3. Satisfação dos usuários em relação à segurança do *campus* da UNICAMP.

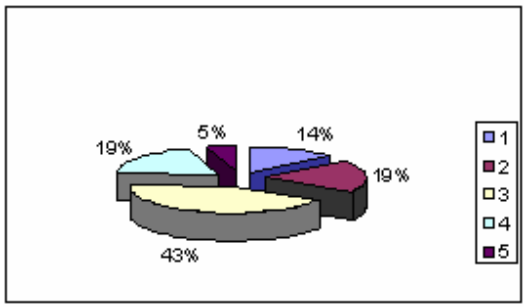

Figura 4. Expectativa do usuário no atendimento de chamados

A seguir é apresentado o grafo construído com base na coleta de dados feita em campo. É importante ressaltar que as vias não são de fato segmentos de reta, sendo esta representação apenas ilustrativa, já que a informação relevante é o peso de cada aresta (representando a distância entre os dois vértices). Como pano de fundo para a representação foi utilizado um mapa fora de escala da parte do *campus* considerada para o projeto. Uma tabela é utilizada como legenda para as informações

contidas no grafo. A Tabela 1 refere-se aos vértices utilizados, enquanto a Tabela 2 representa as ligações entre as unidades (arestas), a respectiva distância entre elas (peso) e a via de acesso que essa aresta se refere (Anexo 2).

Tabela 1. Legenda dos vértices.

Vértice	Localidade
1	Praça Carlos Drummond de Andrade
2	Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
3	Praça Henfil
4	Faculdade de Engenharia Química
5	IC - Instituto de Computação
6	Ciclo Básico
7	Instituto de Química
8	Faculdade de Engenharia Civil
9	Correios e Telégrafos
10	Comvest - Comissão do Vestibular
11	Faculdade de Engenharia de Alimentos
12	Instituto de Economia
13	Esquina da Rua Mendeleyev e da Rua Bertrand Russell
14	Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
15	Instituto de Estudos da Linguagem
16	Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica
17	Instituto de Física Gleb Wataghin
18	Junção de ruas perto do balão da FEC
19	CDC - Coordenadoria de D. Cultural

Conforme observado, o roteamento e a avaliação do melhor posicionamento das centrais de segurança podem ser obtidos pela aplicação do algoritmo de Dijkstra. Foi feita a implementação deste algoritmo através de um programa na linguagem *Java* para a obtenção desses caminhos mínimos.

Para avaliação da qualidade do atendimento foram considerados os caminho mínimos tendo como início a Junção de ruas perto do balão da FEC [vértice 18] (aproximadamente a posição da central de segurança no momento), o que implica na ausência de novos investimentos financeiros, tornando o projeto, neste quesito, mais atraente, e na Praça do Ciclo Básico [vértice 6], devido a sua localização geográfica central e por conter grande parte do fluxo de estudantes da universidade.

Tabela 2. Legenda das arestas.

Aresta	Peso(m)	Via acesso equivalente
01 – 02	467	Av. Albert Einstein
04 – 02	333	Av. Albert Einstein
05 – 08	370	Av. Albert Einstein
05 - 10	960	Av. Albert Einstein
05 – 12	467	R. Pitágoras
09 – 10	285	Av. Érico Veríssimo
03 – 06	321	Via Ciclo Básico
06 - 07	232	R. Josué de Castro
07 – 11	214	R. Josué de Castro
02 – 11	51	R. Josué de Castro
06 – 13	309	R. Mendeleyev
13 – 18	304	R. Mendeleyev
10 – 14	303	R. Cora Coralina
06 – 14	211	R. Cora Coralina
09 – 15	178	R. Carlos Gomes
06 – 15	253	R. Carlos Gomes
12 – 16	320	R. Pitágoras
06 –16	280	R. Pitágoras
06 – 17	251	R. Lev Landau
08 – 18	216	Av. Albert Einstein
04 – 18	123	Av. Albert Einstein
09 – 19	208	Av. Érico Veríssimo
03 – 19	327	Av. Érico Veríssimo
08 – 17	409	R. Lev Landau

Tabela 3. Menor caminho a partir da raiz 18.

Para	Caminho	Distância (m)
1	18 -> 4 -> 2 -> 1	768,95
2	18 -> 4 -> 2	301,95
3	18 -> 13 -> 6 -> 3	935,71
4	18 -> 4	123,38
5	18 -> 8 -> 5	585,9
6	18 -> 13 -> 6	614,28
7	18 -> 4 -> 2 -> 11 -> 7	567,6
8	18 -> 8	215,9
9	18 -> 13 -> 6 -> 15 -> 9	1028,56
10	18 -> 13 -> 6 -> 14 -> 10	1128,56
11	18 -> 4 -> 2 -> 11	353,32
12	18 -> 8 -> 5 -> 12	1052,9
13	18 -> 13	304,69
14	18 -> 13 -> 6 -> 14	825,27
15	18 -> 13 -> 6 -> 15	849,99
16	18 -> 13 -> 6 -> 16	894,8
17	18 -> 8 -> 17	625,25
19	18 -> 13 -> 6 -> 15-> 9 -> 19	1236,54

Tabela 4. Menor caminho a partir da raiz 6.

Para	Caminho	Distância (m)
1	6 -> 7 -> 11 -> 2 -> 1	964,79
2	6 -> 7 -> 11 -> 2	497,79
3	6 -> 3	321,43
4	6 -> 7 -> 11 -> 2 -> 4	676,36
5	6 -> 17 -> 8 -> 5	1030,71
7	6 -> 7	232,14
8	6 -> 17 -> 8	660,71
9	6 -> 15 -> 9	414,28
10	6 -> 14 ->10	514,28
11	6 -> 7 -> 11	446,42
12	6 -> 16 -> 12	600,01
13	6 -> 13	309,59
14	6 -> 14	210,99
15	6 -> 15	235,71
16	6 -> 16	280,52
17	6 -> 17	251,36
18	6 -> 13 -> 18	614,28
19	6 -> 15 -> 9 -> 19	622,26

Observando estas duas últimas tabelas podemos inferir as melhores rotas para atingir uma localidade e conseqüentemente, a melhor base a atender o ponto (ver Tabela 5). Sugerindo assim, uma vigilância ostensiva mais efetiva.

Tabela 5. Menor caminho a partir da raiz 6.

Para	Melhor base para atendimento
1	18
2	18
3	6
4	18
5	18
7	6
8	18
9	6
10	6
11	18
12	6
13	18
14	6
15	6
16	6
17	6
19	6

Observando a Tabela 5 podemos concluir que uma maior pulverização das instalações da segurança levaria a respostas mais rápidas. Como isso é inviável tanto fisicamente quanto financeiramente; podemos sugerir apenas a instalação de um posto avançado da segurança na região da Praça do Ciclo Básico, o que tornaria o atendimento a várias regiões do *campus* muito mais eficiente.

CONCLUSÃO

Georreferenciamento e caminhos mínimos permitem obter informações para estabelecer melhores rotas de patrulha e para atendimento de chamadas, conforme seção de resultados. Essas informações permitem também identificar quais são as localidades mais interessantes para o posicionamento de centrais de segurança. No caso do *campus* da UNICAMP, foi obtida uma série de rotas descritas na tabela 3 para um patrulhamento mais eficiente. O modelo desenvolvido pode ter mais vértices (unidades) e vias (arestas) incorporadas para a obtenção de rotas para todo o *campus*. Resultados mais apurados podem ser obtidos através de cartas digitalizadas, em vez de mapas.

É importante ressaltar que, com o mesmo georreferenciamento, pode-se planejar também a cobertura das brigadas de incêndio da UNICAMP e o roteamento dos ônibus circulares no interior do campus, significando diminuição de custos e maior eficiência na administração de recursos (diminuição de emissões que contribuem para o efeito estufa etc.).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORMEN T. H.; LEISSERSON C. E.; RIVEST R. L.; STEIN C. **Algoritmos: teoria e prática**. São Paulo: Editora Campus, 2002. 1256 p.

GOOGLE MAPS. Disponível em <http://googlemaps.com>. Acesso em: 07 maio 2007.

INFOGPS. Curitiba: Mundogeo. 2007 – 2007. Mensal, 2116 – 4987.

MANBER, U. **Introduction to Algorithms – A creative approach**. Readin, Addison-Wesley, 1989. 687 p.

MUNDOGEO. GIS e imagens de satélite. Disponível em: <http://www.mundogeo.com.br/>. Acesso em 10 maio 2007.

WIKIPÉDIA. Georreferenciamento. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Georreferenciamento>. Acesso em 27 abril 2007.

Anexo 1

A pesquisa teve como base de dados um conjunto de 300 pessoas das mais diversas áreas e vinculadas a diferentes unidades na UNICAMP. Mais dados serão agregados conforme sejam recebidos mais respostas à sondagem.

Questionário aplicado na comunidade:

As opções variam entre 1 (insatisfeito ou pouquíssimo) a 5 (excelente ou muito), passando pelo 3 (regular ou mais ou menos).

1. O quanto você se sente seguro dentro do *campus* de dia?
2. O quanto você se sente seguro dentro do *campus* à noite?
3. Se você já utilizou o serviço de segurança do *campus*, como classificaria o seu grau de satisfação?
4. Se não, com que qualidade você acha que seria esse atendimento?

Anexo 2:

Esse anexo refere-se à figura do grafo com vértices e arestas no formato especificado para publicação.

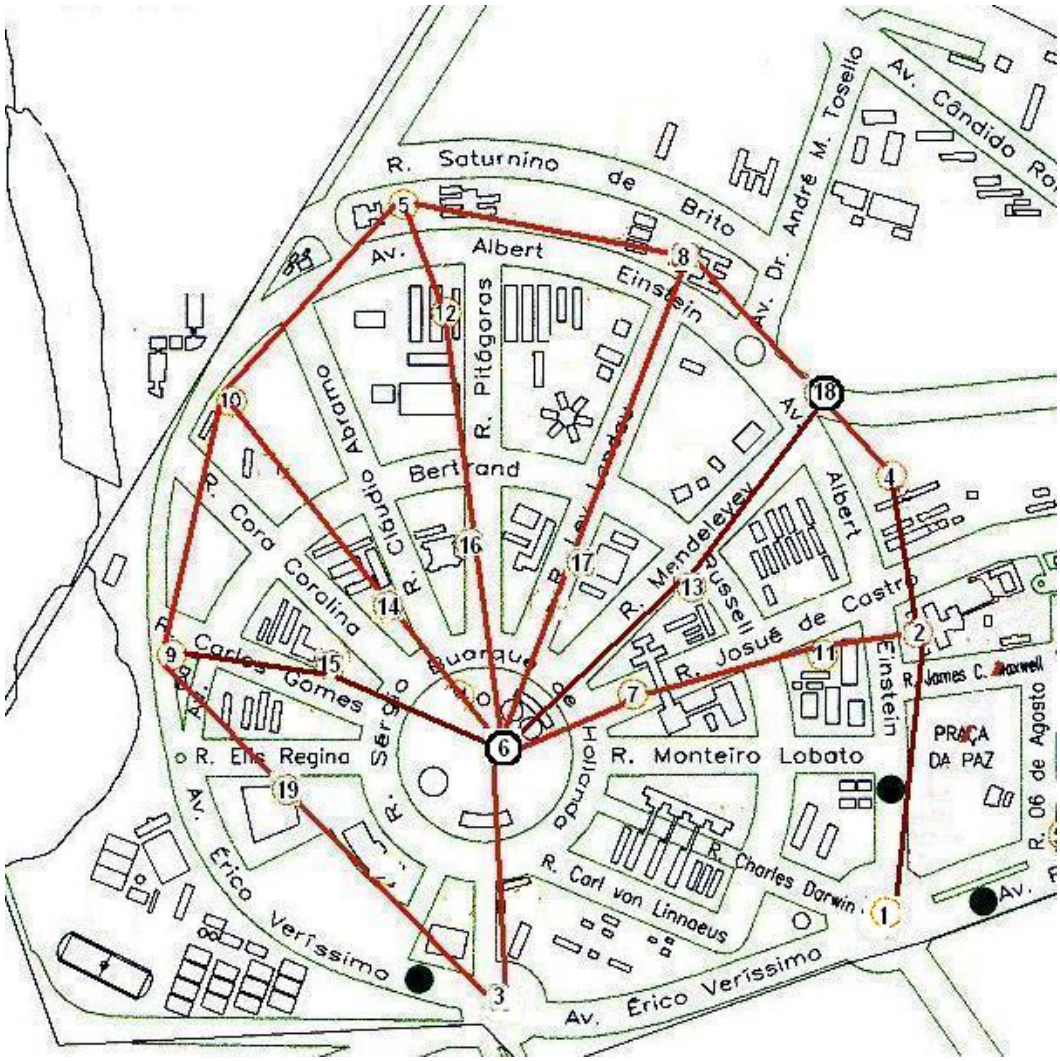

Figura 5. Grafo das unidades e vias da UNICAMP.