

# Utilização de DGPS para Monitorização de Frotas em Ambiente Urbano

Telmo Cunha<sup>(1,2)</sup>, Phillip Tomé<sup>(1)</sup>, Sérgio Cunha<sup>(2)</sup>, Jaime Cardoso<sup>(2)</sup> e Luisa Bastos<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Observatório Astronómico da Universidade do Porto*

<sup>(2)</sup> *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*

## RESUMO

O recurso ao posicionamento por satélite está a ser cada vez mais utilizado pelas empresas ligadas ao sector dos transportes, tendo-se tornado numa ferramenta essencial para o estabelecimento de sistemas de gestão de frotas. O facto de possibilitar a monitorização permanente, em tempo real, das viaturas e do estado do serviço permite otimizar a exploração dos recursos, com reflexos imediatos na produtividade.

A utilização do GPS (*Global Positioning System*) neste tipo de aplicações é já uma realidade em muitas situações, nomeadamente na monitorização de frotas de longo curso. Neste caso as exigências de precisão, da ordem da centena de metros, podem ser satisfeitas sem necessidade de recorrer a métodos diferenciais. Contrariamente, para frotas cuja área de acção é essencialmente urbana (tais como os táxis e autocarros), torna-se necessário aumentar a precisão do posicionamento dos veículos (na ordem da dezena de metros). Neste ambiente surgem, no entanto, problemas adicionais na utilização de sinais de satélites que resultam da existência de zonas de sombra e do aparecimento de fenómenos de reflexão dos sinais.

A pedido da Sociedade de Transportes Colectivos do Porto (STCP), o Observatório Astronómico da Faculdade de Ciências do Porto, em conjunto com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, desenvolveu um sistema de posicionamento e visualização, em tempo real, do estado de uma pequena frota de carros eléctricos. Este projecto permitiu fazer uma avaliação do desempenho deste tipo de método.

O sistema, apoiado na utilização de GPS em modo diferencial (DGPS) conjugado com técnicas de *Map Matching* permite obter a precisão desejada com elevado grau de confiança. Os dados GPS recebidos no eléctrico são transmitidos para o centro de controlo via modems de rede digital partilhada (*trunking*), onde são processados conjuntamente com dados de uma estação de referência GPS aí localizada. O algoritmo de processamento DGPS foi desenvolvido tendo em conta a situação específica do ambiente urbano. Este algoritmo otimiza a informação recebida, utilizando mecanismos de filtragem de dados para eliminar observações espúrias e permite estimar parâmetros, tais como os erros dos relógios, para se obterem posições com um mínimo de satélites visíveis.

Com esta metodologia foi possível posicionar veículos recebendo apenas dados de dois satélites GPS. No centro de controlo é visualizada simultaneamente, e em tempo real, a posição de cada carro eléctrico sobre um suporte cartográfico.

Apresenta-se em seguida a descrição do sistema e das técnicas implementadas, assim como resultados obtidos.

## INTRODUÇÃO

Com o objectivo de implementar uma experiência a ficar patente ao público no Museu dos Transportes do Porto, uma equipa composta por elementos do Observatório Astronómico da Universidade do Porto e da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, desenvolveu um sistema de posicionamento e monitorização em tempo real de uma pequena frota de carros-eléctricos que circulam pela cidade do Porto. O sistema, baseando-se apenas nos receptores GPS como sensores de posicionamento, foi desenvolvido quer na vertente de *hardware*, quer na vertente de *software*, tendo como objectivos principais a fiabilidade das soluções, a fácil e perceptível monitorização e a sua fácil utilização quer no centro de controlo, quer por parte dos motoristas dos carros-eléctricos (aos quais seria requerida o mínimo de intervenção possível).

Na figura 1 apresenta-se o trajecto que é percorrido pelos carros-eléctricos na cidade do Porto.

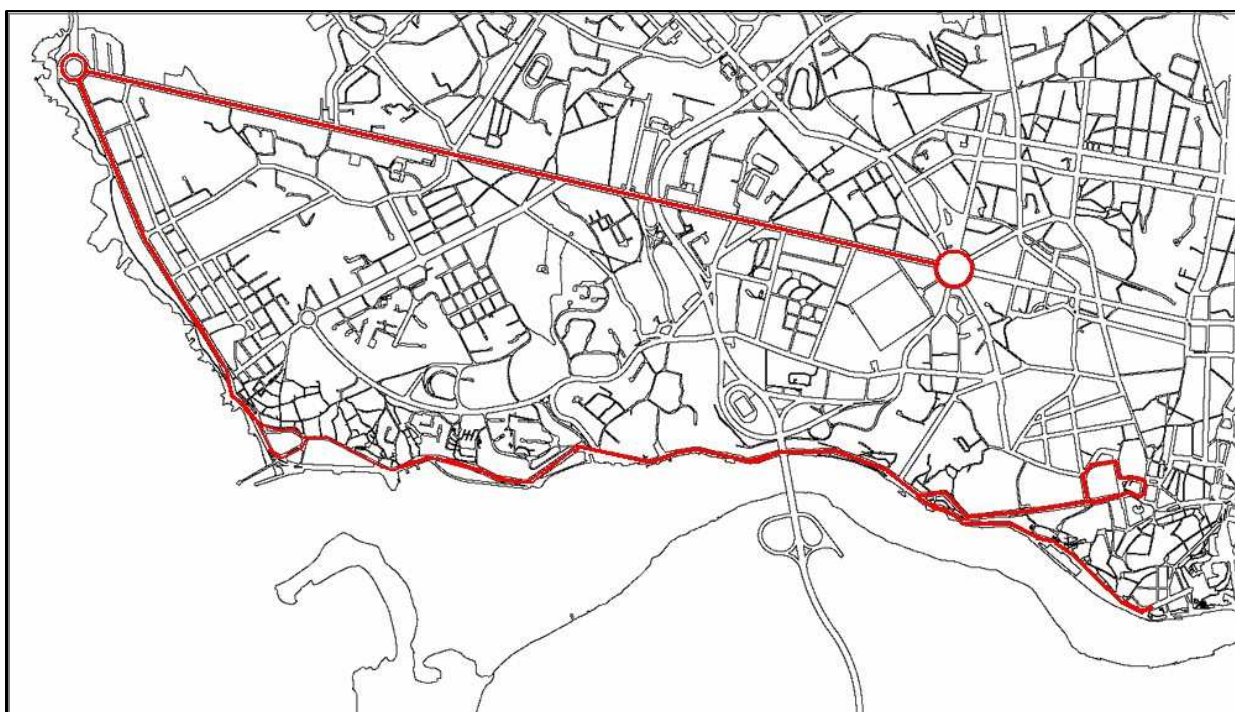


Figura 1 – Percurso dos carros-eléctricos na cidade do Porto.

Relativamente ao *hardware*, foi desenvolvido um módulo formado por um receptor GPS, um modem de transmissão dos dados para a estação de controlo e um microprocessador responsável pela aquisição, tratamento e envio dos dados. Este módulo, desenvolvido de forma compacta, foi montado numa pequena caixa que apresenta como interface para o exterior apenas um botão para ligar/desligar.

Quanto ao *software*, este caracteriza-se pelo desenvolvimento de uma interface gráfica de fácil utilização e com algumas funcionalidades (reduzir, ampliar), e também pelo desenvolvimento de um algoritmo de processamento dos dados GPS que, determinando soluções com grande nível de fiabilidade, é capaz de lidar com os problemas inerentes ao posicionamento em ambiente urbano, tentando retirar o máximo proveito da informação recolhida pelos receptores GPS. Destes problemas, os que mais se destacam são as obstruções que reduzem o número de satélites observáveis (devido aos inúmeros obstáculos presentes neste ambiente), e a ocorrência de reflexões dos sinais GPS nos

elementos que se situam na vizinhança do veículo (fachadas de prédios, principalmente). Estas reflexões levam a que algumas medidas recolhidas pelos receptores GPS tenham valores errados, conduzindo a posições finais erradas quando não detectadas.

Neste artigo descreve-se o sistema desenvolvido, apresentado-se também a metodologia implementada para a determinação de posições em tempo real tendo em conta os factores inerentes ao tipo de ambiente por onde os veículos se deslocam. Salientam-se alguns resultados obtidos, particularmente no que se refere a situações críticas que ocorrem no meio urbano.

## DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema tem basicamente dois componentes – o dos carros-eléctricos e o do centro de controlo.

O equipamento instalado nos carros-eléctricos é constituído por um receptor GPS, um modem de transmissão e um microprocessador. Foi projectada e implementada uma placa de circuito impresso contendo todas as funcionalidades necessárias à integração destes componentes. Esta placa comporta o receptor GPS e o micro-processador, fornecendo também uma interface para ligação/comunicação do modem de transmissão. Este sistema foi implementado de uma forma compacta, incluído dentro de uma caixa, apresentando apenas um interruptor geral e um LED de sinalização. O módulo é de fácil colocação, ocupando pouco espaço, sendo simples de operar.

Todo o equipamento montado a bordo do carro-eléctrico é controlado pelo microprocessador que é responsável por inicializar o receptor GPS e o modem de transmissão, assim como por receber os dados do receptor GPS, comprimí-los e enviá-los para o centro de controle através do modem de transmissão.

Relativamente à comunicação entre os carros-eléctricos e o centro de controlo, esta foi implementada de forma a funcionar numa rede de *trunking*, tendo sido também considerado o funcionamento em rede GSM (*Global System for Mobile Communications*), quer no modo de chamada, quer no modo de mensagens curtas SMS (*Short Message Service*). No modo de chamada, é inicialmente estabelecida uma ligação entre o modem do carro-eléctrico e um modem no centro de controle, sendo depois enviados os dados. No modo de mensagem SMS, o modem do carro-eléctrico envia directamente ao modem do centro de controle uma mensagem SMS contendo as observações registadas.

Relativamente ao centro de controlo, localizado no edifício do Museu da Alfândega do Porto, este é constituído por um computador ao qual vão ligar um receptor GPS e um, ou mais, modems de transmissão. O receptor GPS aí colocado constitui a estação GPS de referência. À medida que os dados dos carros-eléctricos vão chegando ao computador do centro de controlo, este determina a posição corrigida (DGPS) do veículo e apresenta-a num mapa, através de um módulo de *software* desenvolvido para o efeito.

## ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO

Esta implementação baseia-se exclusivamente no sistema GPS como forma de posicionamento dos veículos. A posição de um veículo móvel é obtida a partir das medidas de pseudo-distância. Como é sabido, são necessárias as medidas de 4 satélites comuns aos dois receptores (móvel e de referência) para se conseguir determinar uma posição tri-dimensional. Este facto, quando exigido, leva a que um sistema de posicionamento em ambiente urbano perca muita da sua eficácia devido aos frequentes bloqueios dos sinais GPS por parte das construções e outros obstáculos presentes nesses ambientes.

A figura 2 apresenta o número de satélites observados ao longo de um percurso efectuado por um carro-eléctrico. De salientar que os dados escolhidos referem-se a um período durante o qual o número de satélites disponíveis acima do horizonte era elevado. Da análise destes dados conclui-se que em cerca de 10% do percurso o número de satélites observados é inferior a quatro. Este número pode ser bastante pior em períodos onde o número de satélites presentes acima do horizonte é menor.

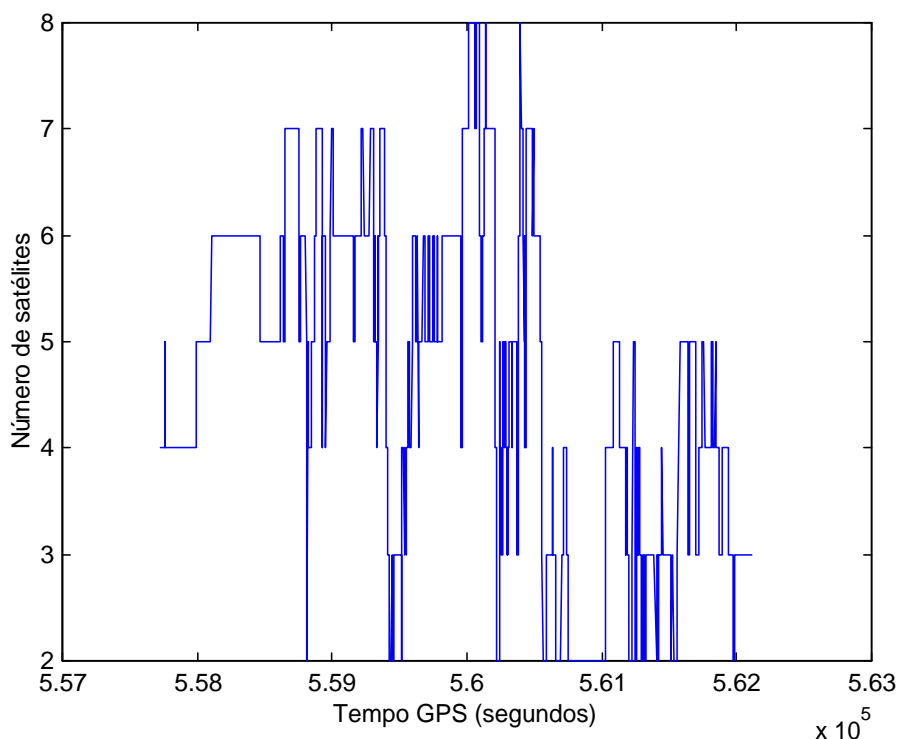


Figura 2 – Número de satélites observados no percurso.

Para tentar melhorar o desempenho deste sistema foi implementado um método que permite localizar o carro-eléctrico sendo apenas necessários, no limite, 2 satélites. Este método baseia-se no facto de se conhecer à priori o trajecto por onde a viatura segue. Foi feito um levantamento prévio dos trilhos do carro-eléctrico. Depois de processados os dados, o conjunto de pontos tri-dimensionais que constituem o percurso foram armazenados.

Através de uma análise residual torna-se possível determinar uma solução de um conjunto de equações, levando esta ao pretendido posicionamento do veículo.

Na secção seguinte são apresentados alguns dos resultados obtidos após a implementação deste método.

## RESULTADOS

Os resultados em seguida apresentados focam essencialmente situações onde as condições para a determinação de posições de um veículo são críticas. São basicamente focados os dois factores críticos predominantes num ambiente urbano – o baixo número de satélites observados e os erros causados por reflexões dos sinais em obstáculos.

Relativamente ao primeiro caso, apresenta-se na figura 3 o resultado da análise dos dados recebidos de apenas dois satélites num determinado instante de tempo, sendo apresentados os pontos do percurso que uma função de custo considera como prováveis. Tal como se pode ver, existem dois candidatos, o que é justificável se atendermos à zona que é possível definir com os dados de dois satélites.

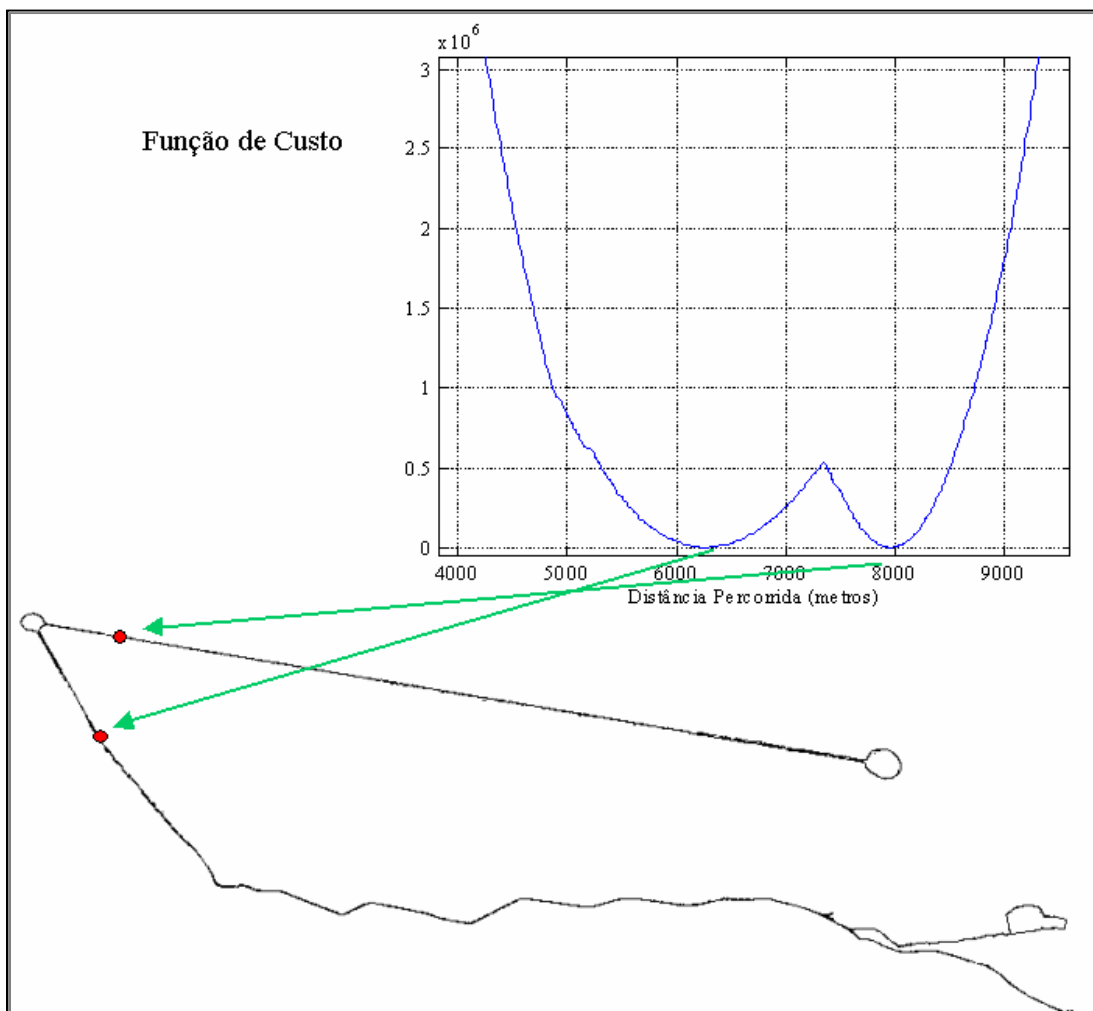


Figura 3 – Posicionamento com apenas dois satélites.

Se introduzirmos os dados de um terceiro satélite, o falso candidato desaparece uma vez que a geometria inerente aos três satélites leva a função de custo a penalizar mais o referido candidato. O resultado gráfico desta análise é ilustrado na figura 4.

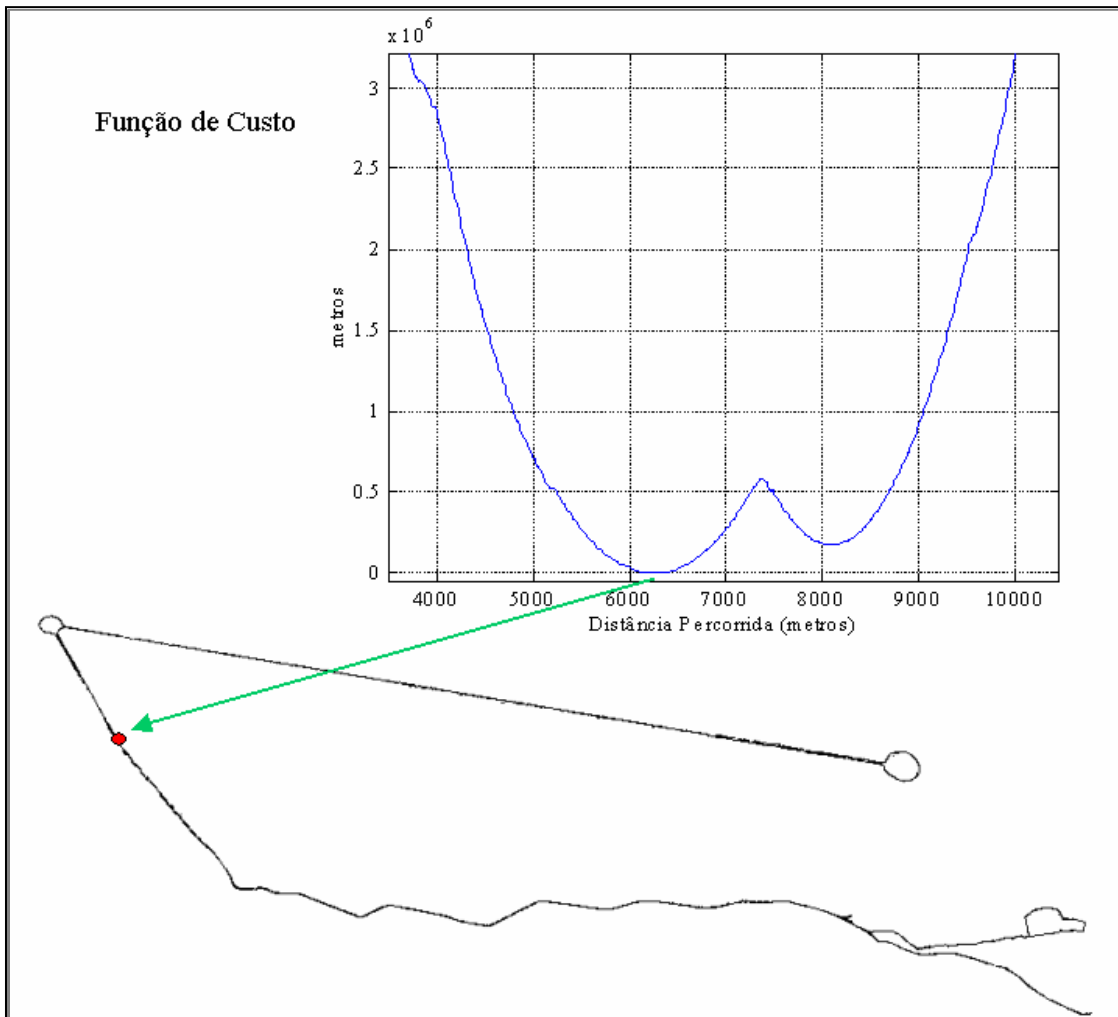


Figura 4 – Posicionamento com três satélites.

Note-se que, embora tenham surgido dois candidatos quando apenas se observam dois satélites, estes encontram-se em posições bem distintas, sendo relativamente fácil escolher o ponto verdadeiro atendendo às posições anteriores do veículo e também à direcção de deslocamento do veículo (que pode ser analisada pelas medidas de Doppler recolhidas do receptor GPS).

Tal como foi dito, um segundo factor condicionante da precisão do posicionamento é o dos erros das medidas causados por reflexões dos sinais em obstáculos. Estes fenómenos são, normalmente, de difícil detecção. Mas, aplicando uma função de custo às medidas de cada satélite, podem-se observar os efeitos destes fenómenos desde que o número de satélites com medidas sem reflexões significativas seja predominante (o que é normalmente o caso). A figura 5 apresenta uma situação onde este fenómeno se manifesta num satélite, levando o posicionamento DGPS tradicional a determinar posições erradas para o veículo. Tal como se pode ver na figura 6, a análise da função de custo aplicada a cada satélite (satélite 30), podendo assim ser compensado para se evitar fornecer soluções erradas. Os gráficos da figura 6 referem-se à situação apresentada na figura 5.

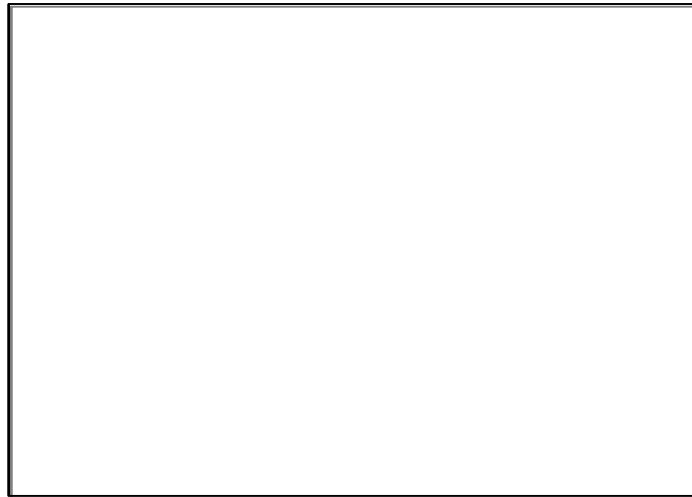


Figura 5 – Exemplo do efeito de reflexões dos sinais no posicionamento DGPS tradicional.

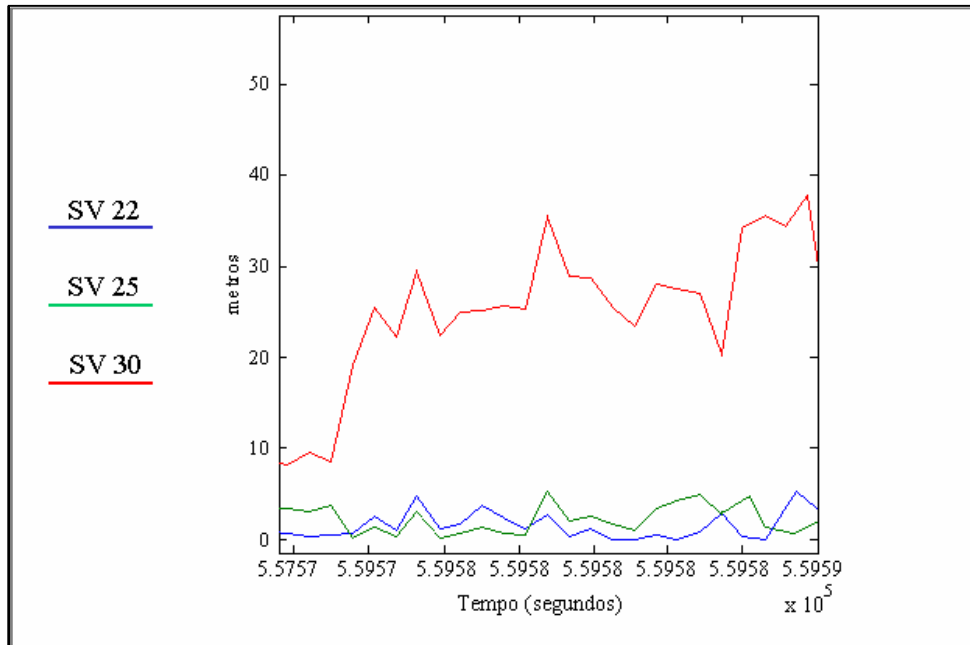


Figura 6 – Identificação do efeito das reflexões nas medidas de um satélite.

## CONCLUSÕES

Foi descrito um sistema e uma metodologia de processamento de dados GPS diferencial especialmente direccionado para o posicionamento de veículos que se deslocam em ambiente urbano. O sistema, baseando-se unicamente nas medidas recolhidas por receptores GPS, foi implementado na perspectiva de tentar minimizar os efeitos dos dois principais factores prejudiciais a tal posicionamento, nomeadamente o reduzido número de satélites observados em várias zonas dos percursos (devido a obstruções), e as reflexões dos sinais enviados pelos satélites nos vários obstáculos presentes no ambiente urbano.

Assim, foi apresentado um método que permite determinar posições dos percursos com os dados de apenas dois satélites GPS, podendo também servir para a detecção de reflexões ocorridas em alguns dos sinais recolhidos.

Este sistema orienta-se para o posicionamento em tempo real, estando no momento a ser implementado para a monitorização de uma reduzida frota de carros-eléctricos que circulam na cidade do Porto, sendo a referida monitorização feita num computador localizado no edifício do Museu da Alfândega do Porto.

## REFERÊNCIAS

- [1] Gelb, A., *Applied Optimal Estimation*, MIT Press, 1974.
- [2] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. and Collins, J., *GPS Theory and Practice*, 4th ed., Springer-Verlag, 1997.
- [3] Zhao, Y., *Vehicle Location and Navigation Systems*, Artech House Inc., 1997.