

Técnicas de posicionamento na detecção de veículos pesados em tempo real

RESUMO

Allan Wiguilherme Fernandes Nogueira da Silveira

afernandes.eac@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6692-8675
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, Minas Gerais, Brasil.

Fabio Luiz Albarici

fabio.albarici@ifsulde Minas.edu.br
orcid.org/0000-0003-4436-0561
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, Minas Gerais, Brasil.

Paulo Augusto Ferreira Borges

paulo.borges@ifsulde Minas.edu.br
orcid.org/0000-0002-4792-8637
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, Minas Gerais, Brasil.

O emprego de receptores GNSS têm se mostrado eficiente em diferentes áreas como navegação terrestre, marítima e aérea, acompanhamento de obras de engenharia, agricultura de precisão, monitoramento de estruturas, geodinâmica, cálculo de volumes entre outras. Além do mais, a capacidade de coletar dados continuamente, de modo preciso e em tempo real fazem destes receptores ferramentas importantes para detectar eventuais problemas em infraestruturas da malha rodoviária que são alvos de grandes investimentos por parte do governo e necessitam rotineiramente passar por campanhas de inspeção e manutenção. Estudos feitos por Jesus e Fontenele (2014) mostraram que o atual método de fiscalização de veículos de carga tem apresentado algumas falhas e por isso agrava de uma forma ou de outra as rodovias. Logo, este trabalho apresenta uma maneira de detectar veículos pesados que trafegam por uma ponte de concreto, considerada como obra de arte especial, utilizando-se de uma técnica de posicionamento denominada RTK. Os resultados mostraram que foi possível tal detecção utilizando esta técnica e que de uma forma alternativa, se aprofundada a pesquisa, possibilitaria a densificação dos postos de fiscalização e controle de veículos.

PALAVRAS-CHAVE: GNSS. Técnica RTK. Obras de Artes Especiais. Veículos de grande porte.

INTRODUÇÃO

Rotineiramente são vistas notícias de falhas em obras de engenharia causadas por diversos fatores, podendo ser falha humana ou ação da natureza. A escassez de estudos e/ou monitoramento referentes à estabilidade dessas obras tem impacto importante na maior parte dos desastres que as envolvem (POLETO, 2010).

Como o Brasil é um país com dimensões continentais a malha rodoviária existente para atender todas as regiões é, portanto, muito extensa. A vantagem é notória: varias opções de rotas para deslocamento de bens e serviços como também de pessoas, melhora na acessibilidade, no crescimento e no desenvolvimento das regiões atendidas pela infraestrutura rodoviária. A desvantagem consiste em fiscalizar todo esse tráfego, principalmente aqueles veículos que mais afetam as estruturas pelo seu porte e pela carga que transportam. De acordo com estudos feitos por Jesus e Fontenele (2014) os postos de fiscalização referentes ao peso dos veículos, as famosas balanças, tem tido dificuldade de manter-se em pleno funcionamento como é exigido pelo DNIT e ainda não estão efetuando a pesagem conforme os critérios estabelecidos, trazendo prejuízos para as rodovias.

Diante desta situação, tecnologias já consagradas no âmbito de posicionamento, como o caso do posicionamento por satélites de alta precisão, despontam como uma boa alternativa para serem empregados em campanhas de monitoramento das deformações sofridas pelas estruturas viárias. De uma forma geral, segundo Santos (2000), essas obras sofrem deformações estruturais cíclicas, por exemplo, vibrações causadas pela passagem de veículos carregados sobre uma ponte ou ações dos ventos e variações de temperatura.

Para esta pesquisa foi idealizado coletar dados continuamente e em movimentação. Portanto, o método que implica esta característica é o cinemático. Quanto à obtenção dos resultados a técnica RTK (*Real Time Kinematic*) possibilita obtê-los instantaneamente em campo (tempo real), entretanto quando os cálculos forem realizados após a etapa de coleta denominam-se pós-processamento (HOFMANN-WELLENHOF *et al.*, 2008).

Mediante o contexto, esta pesquisa tem como intuito a detecção de veículos pesados que trafegam por uma ponte (obra de arte especial) de concreto antiga na cidade de Ouro Fino/MG através de dados obtidos por receptores GNSS valendo-se da técnica RTK.

O TRANSPORTE RODOVIÁRIO E O MONITORAMENTO DAS OBRAS DE ARTES ESPECIAIS

O tráfego de pessoas e mercadorias nas vias terrestres é feito por veículos automotores (veículos de passeio, ônibus, caminhões, etc.) que utilizam do transporte rodoviário para se deslocarem. Este tipo de transporte é muito adequado para curtas e médias distâncias, caracteriza-se pela velocidade moderada, integra todas as unidades federativas do Brasil e tem baixo custo inicial de implantação (BRASIL, 2016). Segundo o DER/MG (2016) a extensão da

malha rodoviária atualizada até o dia 20 de maio de 2016 no estado de Minas Gerais totaliza 29273,71 quilômetros contabilizando as rodovias pavimentadas, não pavimentadas e planejadas.

Para viabilizar a transposição das rodovias pelos mais diversos obstáculos existentes como rios, montanhas e vales, por exemplo, os projetistas valem-se das chamadas obras de artes especiais como pontes e viadutos. No entanto, sua utilização requer uma série de estudos para garantir a integridade e segurança dos usuários. No Brasil, segundo Larocca *et al.* (2015), houve um crescimento significativo de obras de artes especiais (OAE's) que apresentaram deterioração precoce causada pela falta de manutenção preventiva dessas estruturas.

As obras de artes especiais são frutos de grandes investimentos para o desenvolvimento econômico e social de certa região. Então é de fundamental importância garantir o bom funcionamento destas infraestruturas através de manutenções periódicas e campanhas de monitoramento (BARRIAS *et al.*, 2014). O monitoramento deve ser feito rotineiramente e não deve ser concebido apenas em função da fiscalização, mas sim como uma atuação para orientar e analisar procedimentos além de sugerir ações para buscar níveis de controle adequado das obras quanto aos aspectos físicos, tecnológicos e financeiros (DNER, 1995).

A capacidade de obter continuamente e de forma precisa dados sobre o comportamento de uma estrutura, como variações das dimensões geométricas e respostas dinâmicas devido à passagem de cargas em tempo real é, portanto, de grande interesse (BARRIAS *et al.*, 2014).

MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS

Os métodos de posicionamento por GNSS podem ser classificados em absoluto (referência no sistema geocêntrico) e relativo (referência em vértice(s) de coordenadas conhecidas). O método relativo é empregado utilizando receptores coletando dados simultaneamente e tem as seguintes classificações: estático, estático-rápido, semicinemático (também chamado de *stop and go*) e cinemático. (MONICO, 2008).

A utilização simultânea de dois ou mais receptores coletando dados com o mesmo intervalo de gravação conduz ao fundamento do posicionamento relativo e, portanto a aplicação das técnicas de correções. A precisão das coordenadas das estações a serem determinadas não depende somente dos erros de cálculos dos vetores, mas também da exatidão das coordenadas da estação de referência (HUERTA *et al.*, 2005).

Já quando se trata de posicionamento em tempo real os métodos conhecidos são: o *Differential GPS* (DGPS) que faz uso das pseudodistâncias para obter o posicionamento e alcança precisões de 1 a 3 metros variando em função da distância do receptor móvel ao receptor base e o posicionamento *Real Time Kinematic* – RTK que usa a fase da onda portadora para realizar o posicionamento e apresenta precisão centimétrica (SEEBER, 2003).

As possibilidades de aplicações do posicionamento GNSS são inúmeras e algumas têm se destacado amplamente, são elas: geodinâmica, estabelecimento de redes geodésicas (ativas e passivas), levantamentos geodésicos para fins de

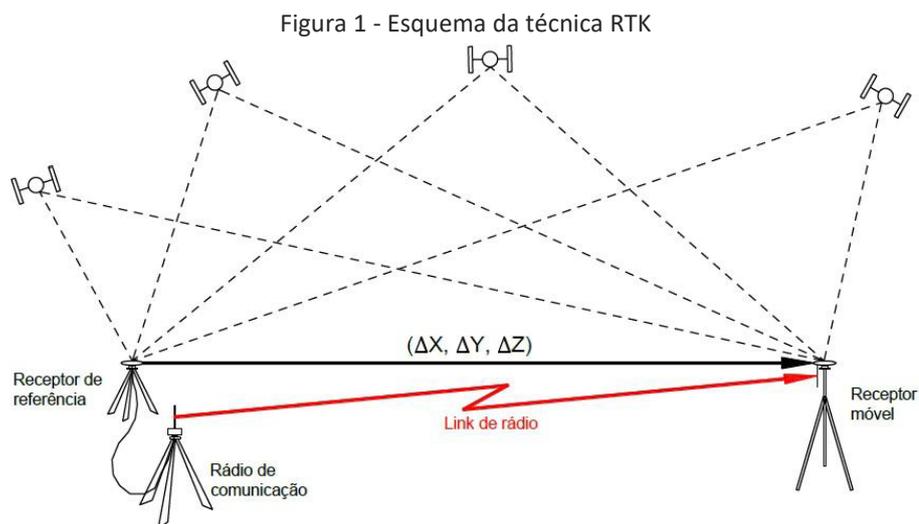
mapeamento, apoio fotogramétrico, controle de deformações, determinação altimétrica entre outras (MONICO, 2008).

Além de todas essas aplicabilidades mencionadas, idealizou-se neste trabalho coletar dados GNSS em tempo real utilizando a técnica *Real Time Kinematic* – RTK.

TÉCNICA RTK – REAL TIME KINEMATIC

Pode-se estimar a posição da estação de interesse em tempo real. Neste caso o cálculo da posição do objeto dá-se praticamente no mesmo instante em que as observações são coletadas. Este método é conhecido como *Real Time Kinematic* – RTK (MONICO, 2008).

No posicionamento valendo-se da técnica RTK é necessário no mínimo um par de receptores recebendo dados continuamente. O receptor na estação de referência envia as correções de posição (ΔX , ΔY , ΔZ) para o receptor móvel através de um link de rádio, conforme a Figura 1.



Fonte: INCRA (2013).

A técnica RTK baseia-se em algumas características. Na transmissão de dados observados (pseudodistância e fase da onda portadora) da estação de referência (estação base) para a estação do usuário (*rover*) instantaneamente. Na capacidade de solucionar a ambiguidade da estação *rover* em movimento de forma quase instantânea chamada de *on the way* ou *on the fly* (OTF) e a determinação confiável do vetor da linha de base (SEEBER, 2003).

Para a transmissão de dados RTK via rádio, no ano de 1994, novos tipos de mensagens foram definidos no RTCM SC-104 (*Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104*) versão 2.1. Os tipos de mensagem 18 e 19 contêm dados brutos relativos à fase da portadora e à pseudodistância e de modo alternativo, os tipos de mensagens 20 e 21 contêm as correções calculadas para as medições na estação de referência, as quais serão utilizadas para o mesmo instante no receptor móvel (SEEBER, 2003).

Segundo Huerta *et al.* (2005) esta técnica atinge precisões centimétricas. Todavia, a limitação de uso desta metodologia consiste na obtenção de um vetor

com solução fixa à medida que aumenta a distância entre a estação de referência e os receptores *rovers*. Têm-se em média um alcance de 15 a 20 km. As condições do local e a potência do rádio são fatores que afetam diretamente o alcance de sinal.

Em certas aplicações marítimas e na aviação são imprescindíveis as posições em tempo real. Nas atividades de engenharia a técnica RTK otimiza locação de obras, controle de máquinas, cálculo de volumes, etc (MONICO, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa tem como objeto de estudo uma ponte de concreto armado situada no município de Ouro Fino/MG, próxima ao quilômetro 50 da rodovia MG-290. Esta apresenta fraturas que podem ser explicadas pela vibração causada pela passagem de veículos e/ou pela idade avançada da estrutura. A localização do município no estado de Minas Gerais e uma foto aérea da ponte são ilustradas na Figura 2. O planejamento inicial foi marcado pela definição de locais estratégicos para fixação dos pinos de centragem forçada. Fixaram-se três destes pinos sobre o parapeito da estrutura de modo que abrangesse toda sua extensão. Essa geometria foi escolhida para que houvesse observações redundantes e também para verificar se o deslocamento vertical apresentaria comportamento similar em ambos os pontos quando sofresse interferência.

Figura 2 - Área de estudo



Fonte: Autoria Própria (2016).

A Figura 3 ilustra o local de escolha dos pontos.

Figura 3 - Distribuição dos pontos fixos sobre a ponte



Fonte: Autoria Própria (2016).

A fim de observar o comportamento de cada ponto fixado na estrutura, o que caracteriza o deslocamento vertical para um determinado período de tempo, realizaram-se duas campanhas de rastreamento utilizando receptores GNSS. Uma campanha no período vespertino do dia 11 de fevereiro de 2016 e outra no período matutino do dia 15 do mesmo mês. Os equipamentos utilizados neste trabalho foram dois pares de receptores GNSS de dupla frequência da marca ASHTECH, modelo PROMARK220 e a taxa de gravação das observáveis foi de 1 segundo em ambas as campanhas.

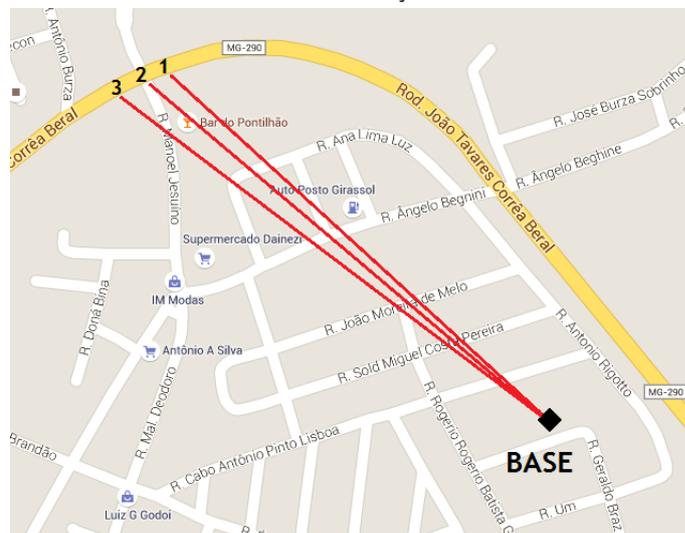
Para obterem-se as coordenadas em que se encontravam as antenas dos receptores fez-se uso da técnica RTK. Esta técnica garante uma precisão horizontal de $\pm(10\text{mm}+1\text{ppm})$ e vertical de $\pm(20\text{mm}+1\text{ppm})$ (SPECTRA PRECISION, 2016) e vem sendo amplamente utilizada nas mais diversas aplicações que demandem a obtenção da posição instantaneamente, eliminando assim o tempo gasto em escritório realizando pós-processamento dos dados.

A fim de verificar e validar os dados oriundos da técnica RTK armazenaram-se os arquivos brutos de cada receptor para realização do pós-processamento fazendo uso também do método cinemático.

Desta maneira têm-se um par de dados que representam a altitude para um mesmo ponto permitindo então analisar o comportamento da estrutura através da variação da altitude obtida por dois métodos para um mesmo instante durante todo o intervalo de rastreamento.

Como a técnica RTK é baseada no método de posicionamento relativo, definiu-se uma base, ou estação de referência, um ponto fixo distante aproximadamente 500 metros, livre das interferências de oscilações da ponte. As coordenadas deste ponto foram obtidas com o método relativo estático e calculadas através do pós-processamento com relação às estações MGIN (Inconfidentes) e SPC1 (Campinas) pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). Os receptores fixados na estrutura foram identificados pelos algarismos um dois e três e as suas posições em campo é ilustrada conforme a Figura 4.

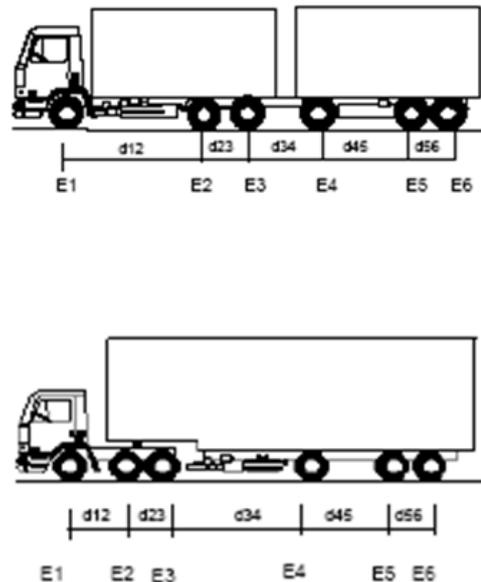
Figura 4 - Linhas de base formadas entre a estação de referência e as estações móveis



Fonte: Adaptado de Google Maps (2016).

Uma vez instalado os equipamentos e iniciado o rastreo, foram feitas anotações do instante (hora, minuto, segundo) em que os veículos de interesse passaram pela estrutura. Foram considerados veículos de grande porte, nesta pesquisa, como carretas e caminhões articulados – ilustrados na Figura 5 – porque geram maior vibração na estrutura possibilitando então identificá-los com maior facilidade nos gráficos.

Figura 5 - Exemplo de veículos de grande porte



Fonte: DNIT (2006).

Finalizado o período de rastreo com os receptores GNSS procedeu-se com o pós-processamento dos dados GNSS e tabulação em planilha eletrônica dos dados oriundos do RTK. Extraíu-se, portanto, desse volume de informações apenas as altitudes – variável indicativa do deslocamento vertical da estrutura – e o respectivo horário de observação. Com a tabulação geraram-se gráficos que demonstram o comportamento da variável estudada durante um intervalo de tempo. Foram feitas comparações entre as altitudes dos receptores para identificar e comprovar a passagem do veículo estudado através dos gráficos baseando-se nos horários anotados durante todo o rastreo.

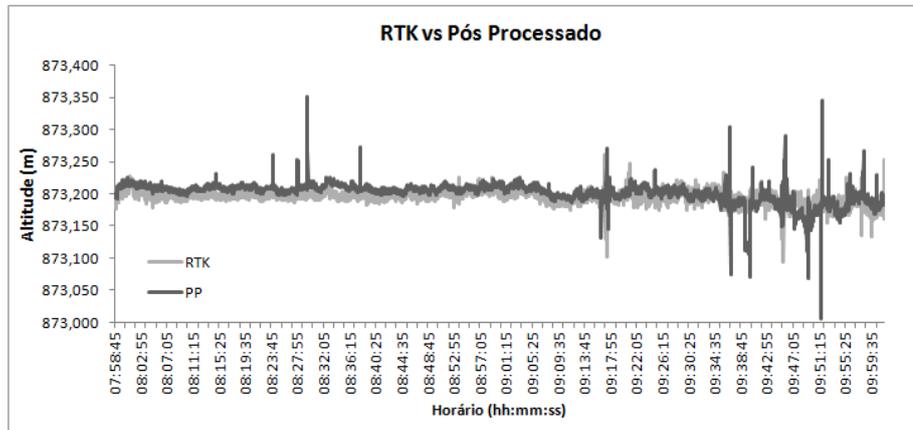
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final, as duas campanhas totalizaram cerca de 3 horas de coleta de dados. Teve-se, portanto, disponível aproximadamente 32400 observações, ou seja, dados de altitudes para serem analisados.

Inicialmente, fez-se uma comparação dos dados oriundos da técnica RTK com os dados obtidos através do pós-processamento pelo método cinemático. Esta comparação teve o objetivo de validar, ou seja, apontar pelo

comportamento do gráfico se a técnica RTK poderia ser utilizada neste estudo. Com essa validação feita, procedeu-se então, apenas com o uso da técnica RTK. A Figura 6 ilustra a comparação da altitude pelos dois métodos para um dado receptor.

Figura 6 - Comparação das altitudes pelos métodos RTK e Pós-Processado



Fonte: Autoria própria (2016).

A Figura 7 ilustra como se comportou a altitude em função do tempo de rastreamento de cada receptor GNSS. Do lado esquerdo estão os dados relativos à primeira campanha e do lado direito os dados referentes à segunda campanha.

Figura 7 - Deslocamento vertical da ponte evidenciado pela variação da altitude



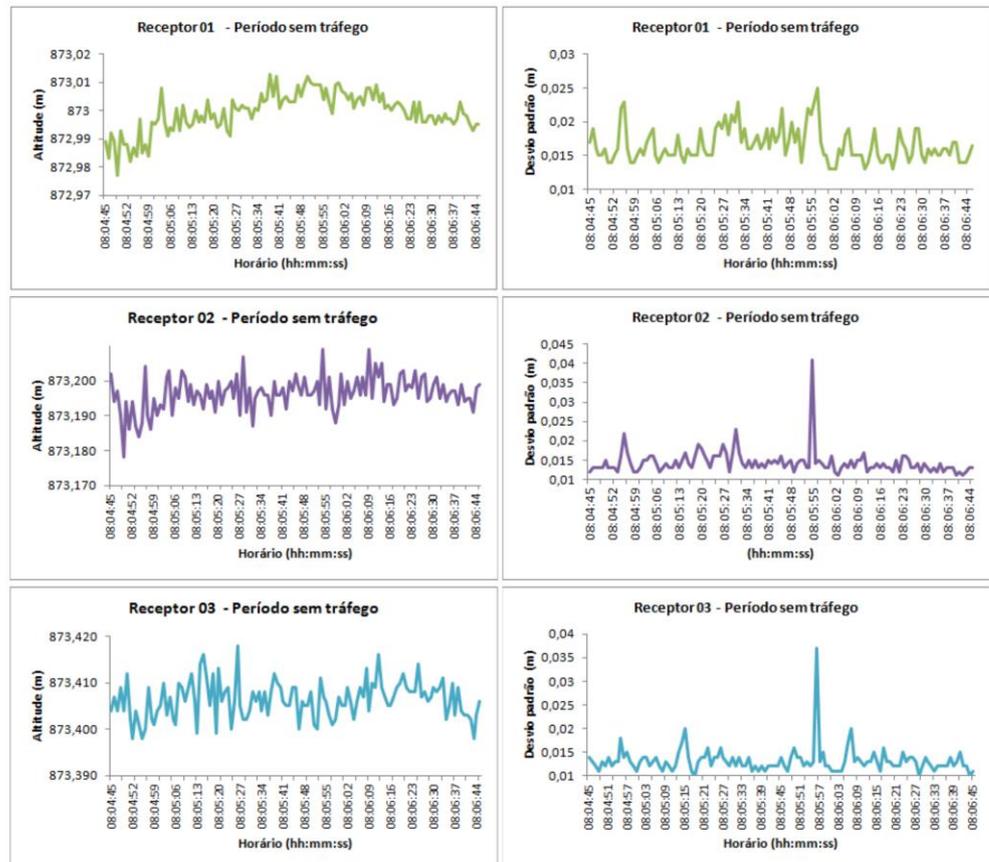
Fonte: Autoria Própria (2017).

Analisando o conjunto de dados apresentado na Figura 7 notaram-se intervalos de especial interesse. O primeiro intervalo é marcado por um período sem registro de tráfego de veículos de grande porte. Já o segundo intervalo é caracterizado por um fluxo considerável de veículos de grande porte com base nos horários anotados durante a coleta de dados.

A verificação de como foi o comportamento da estrutura sem a ocorrência dos veículos pesados se deu através de gráficos que apresentaram a variável altitude bem como seu desvio padrão em função do tempo (Figura 8). Neste caso, o intervalo escolhido compreendeu um dos períodos sem anotação da ocorrência dos veículos de interesse deste estudo.

Vale salientar que durante este período outros veículos trafegaram pela ponte. Não houve nenhuma manobra para impedir ou desviar o tráfego local.

Figura 8 - Intervalo sem ocorrência de veículos pesados



Fonte: Autoria Própria (2017).

Ao analisar a Figura 8 notou-se que: o receptor 1 apresentou uma amplitude (discrepância entre o valor máximo e mínimo da série de dados) de 0,036m e o desvio padrão médio das suas observações foi de 0,01651m. O receptor 2 anotou uma amplitude de 0,031m e o desvio padrão médio das suas observações foi de 0,014298m. Já o receptor 3 registrou uma amplitude de 0,02m com desvio padrão médio das suas observações de 0,01317m.

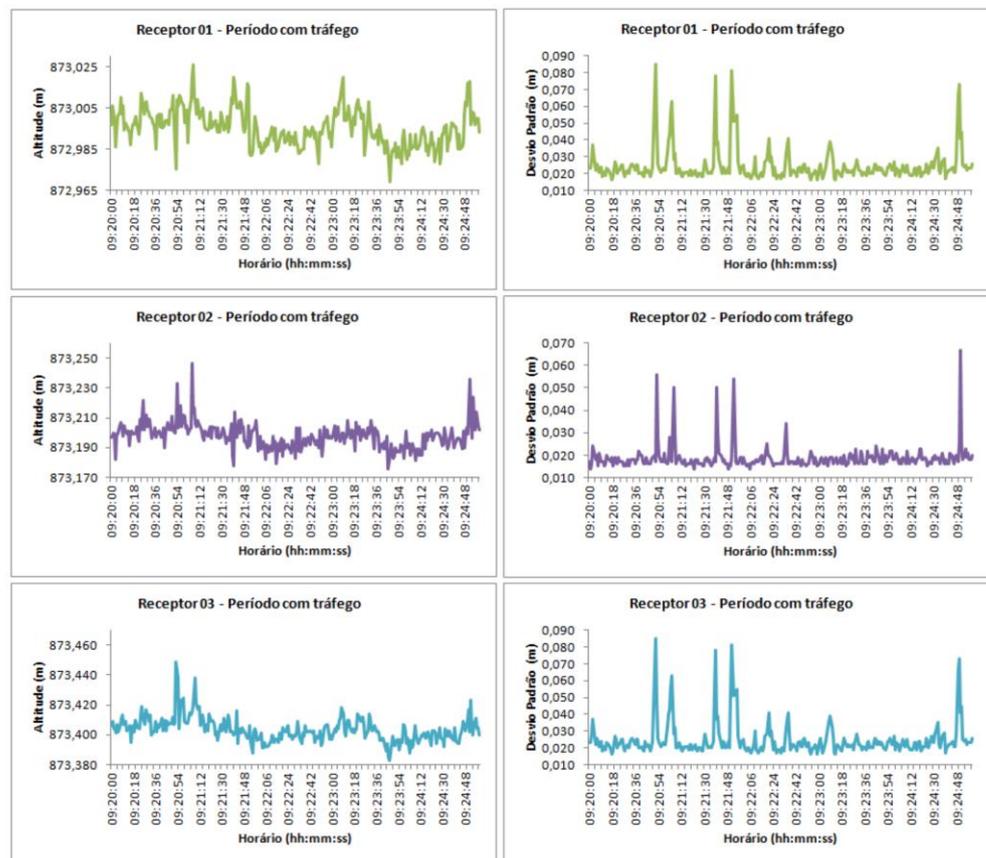
Assim como na Figura 8, geraram-se gráficos para o período que foi caracterizado pela ocorrência de veículos pesados. A Figura 9 traz o

comportamento da altitude e do desvio padrão em função do tempo de rastreio para um intervalo escolhido.

Ao avaliar os dados apresentados pelos gráficos da Figura 9 percebeu-se que: o receptor 1 apresentou uma amplitude de 0,057m e o desvio padrão médio das suas observações foi de 0,025m. O receptor 2 anotou uma amplitude de 0,071m e o desvio padrão médio das suas observações foi de 0,019m. Já o receptor 3 registrou uma amplitude de 0,066m com desvio padrão médio das suas observações de 0,022m.

Comparando somente os dados de amplitude e de desvio padrão de um mesmo receptor para os dois intervalos apresentados anteriormente, verifica-se a interferência do tráfego de veículos pesados no comportamento da altitude registrada pelos receptores GNSS utilizando a técnica de posicionamento em tempo real – RTK.

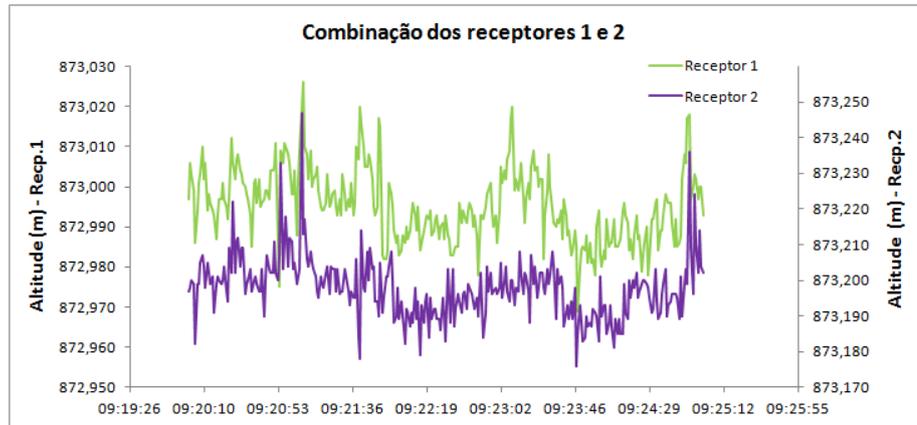
Figura 9 – Intervalo com ocorrência de veículos pesados



Fonte: Autoria Própria (2017).

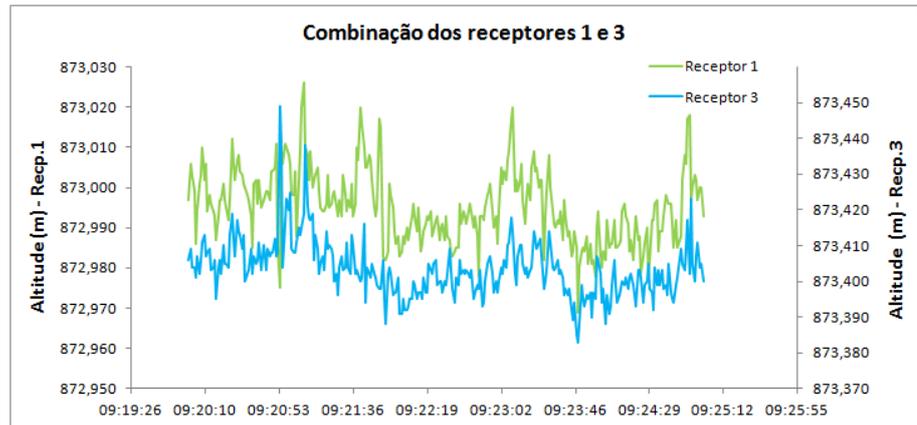
No entanto, para detectar de fato a passagem de um veículo de grande porte foram feitas combinações com os gráficos das altitudes. Estas combinações tiveram o intuito de facilitar a visualização já que os dados ficam sobrepostos e o intervalo de tempo escolhido é o mesmo. As combinações usadas foram entre os receptores 1-2, 1-3 e 2-3 (Figuras 10-12).

Figura 10 – Combinação entre os receptores 1 e 2



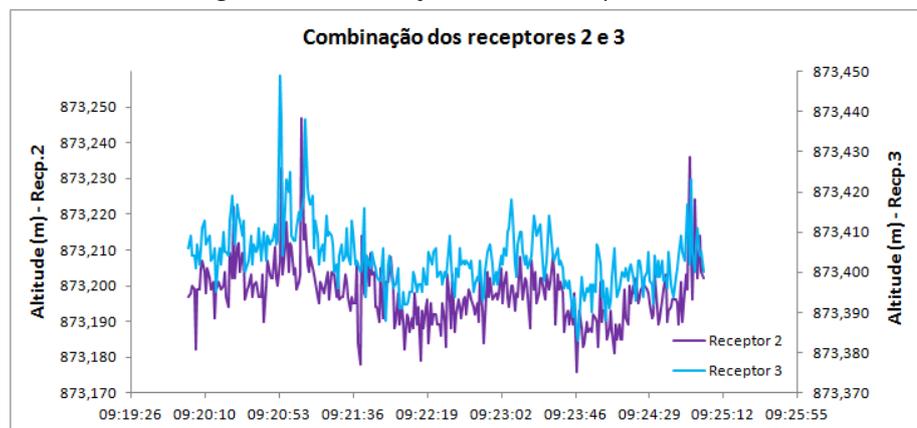
Fonte: Autoria Própria (2016).

Figura 11 - Combinação entre os receptores 1 e 3



Fonte: Autoria Própria (2016).

Figura 12 - Combinação entre os receptores 2 e 3



Fonte: Autoria Própria (2016).

Examinando as combinações feitas entre os receptores percebeu-se um aspecto dinâmico da altitude, ou seja, ora apresenta variações ascendentes ora

descendentes. Logo, evidencia a existência de um fator com potencial de interferir de modo considerável seu comportamento natural. Neste estudo, o fator é o justamente o tráfego de veículos de grande porte.

Diante dos resultados apresentados fizeram-se algumas análises. Dentre os três receptores utilizados neste estudo o receptor 1 apresentou o maior desvio padrão em ambos os períodos ilustrados pelos gráficos. Uma justificativa plausível para tal discrepância seria pela posição escolhida para este receptor. Optou-se por fixá-lo afastado dos pilares de sustentação e também do solo sendo afetado de forma mais rigorosa pela vibração causada na estrutura quando houve passagem de veículos pesados. A Figura 13 ilustra esta situação.

Figura 13 - Posição ocupada pelos receptores 1 e 2



Fonte: Autoria Própria (2017).

De modo geral, os dados de desvio padrão estiveram dentro da tolerância estabelecida pelo equipamento no período sem ocorrência de veículos pesados. Já no período com anotações destes veículos houve casos pontuais que extrapolaram esta tolerância em ambos receptores. A possível causa desta incerteza foi o bloqueio do sinal pelos próprios veículos no momento em que passam pela ponte.

Assim, uma vez relacionado os horários anotados de passagem dos veículos pesados (Tabela 1) sobre a ponte com os gráficos de cada receptor, foi possível identificar acentuadas variações tanto ascendentes como descendentes nos valores das altitudes. Estas variações – chamadas de picos – foram indicadas por elipses vermelhas. As elipses acusam justamente a interferência que os veículos pesados (interesse deste estudo) causam na estrutura.

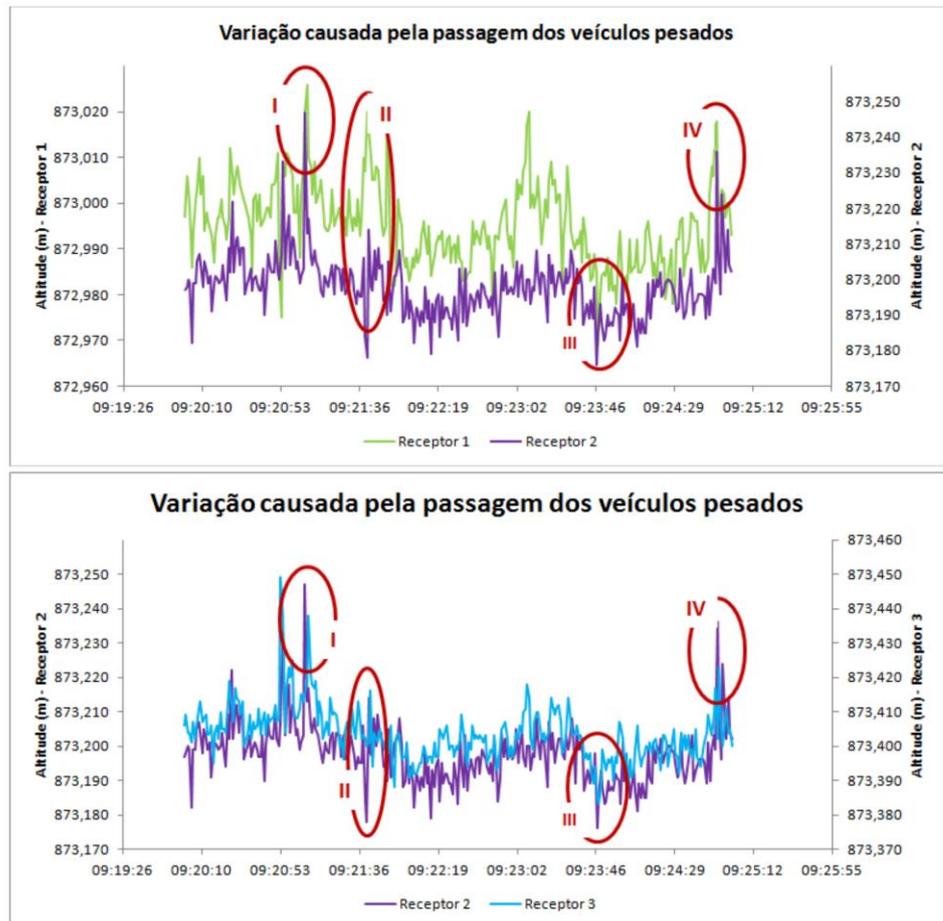
Tabela 1 - Horários anotados

Veículo denotado pela elipse	Horário
I	09:21:07
II	09:21:41
III	09:23:46
IV	09:24:52

Fonte: Autoria própria (2017).

Aproveitando-se dos gráficos gerados na apresentação do período com grande fluxo de veículos pesados é mostrado na Figura 14 um exemplo de identificação destes veículos. Os picos destacados são redundantes para ambos os receptores, o qual aliado ao horário anotado remete a conclusão de que a identificação está correta.

Figura 14 - Detecção dos veículos pesados



Fonte: Autoria Própria (2017).

Vale ainda salientar que na investigação dos dados estava previsto que certo veículo não iria interferir os três receptores no mesmo instante e com a mesma intensidade. Portanto, foi considerado um intervalo de tempo de forma que o mesmo pudesse transpor os limites da estrutura e por essa razão os picos assinalados encontram-se deslocados e não sobrepostos. Outros picos puderam ser observados nos gráficos da Figura 14 (por exemplo, às 09:23:08 – Receptor 1). No entanto, como não foi confirmado pela anotação do horário, descartou-se a possibilidade deste ser um veículo pesado.

CONCLUSÕES

O método de posicionamento GNSS utilizado nesta pesquisa mostrou-se válido, pois conseguiu detectar a ocorrência do tipo de veículo que estava sendo estudado.

Com os equipamentos empregados bem como a técnica de posicionamento adotada o nível de precisão é da ordem de vinte milímetros. Contudo, os resultados apresentaram disparidades maiores que aqueles assegurados pela aparelhagem, subsidiando a premissa deste estudo.

O local escolhido para realização das campanhas de rastreamento está em uma rodovia extremamente importante que interliga a região do Sul de Minas Gerais com a Região Metropolitana de Campinas, portanto, tornou-se inviável qualquer manobra para desviar o tráfego desta ponte para realização ensaios mais rigorosos como, por exemplo, o teste de carga variável. Sendo assim, foram previstas variações inesperadas no comportamento dos gráficos causados justamente pelo dinamismo do tráfego na rodovia.

A vantagem da técnica RTK é que os dados são obtidos em tempo real. Desta forma seria possível arquitetar uma maneira de transferir os dados dos receptores GNSS diretamente para um servidor que de forma contínua tabularia os dados, geraria gráficos e realizaria análises quantitativas baseada em uma modelagem existente como, por exemplo, a amplitude do pico causada por determinado veículo e não apenas os de grande porte como considerados aqui. Esta ideia contribuiria de certa forma a aumentar possíveis pontos de fiscalização e controle do tráfego nas rodovias brasileiras, visto que de certa forma é uma alternativa barata se comparado com o método utilizado na fiscalização atual.

Positioning techniques in heavy vehicle detection in real time

ABSTRACT

The use of GNSS receivers has proven efficient in different areas such as terrestrial, maritime and aerial navigation, monitoring engineering works, precision agriculture, monitoring of structures, geodynamics, calculation of volumes, among others. Moreover, the ability to collect data continuously, accurately and in real time, makes these receivers an important tool for detecting possible problems in road network infrastructures that are the target of large investments by the government and routinely need to undergo inspection campaigns And maintenance. Studies by Jesus and Fontenele (2014) have shown that the current method of inspecting cargo vehicles has presented some flaws and therefore aggravates one way or another the highways. Therefore, this work presents a way to detect heavy vehicles that travel through a concrete bridge, considered as a special work of art, using a positioning technique called RTK. The results showed that it was possible to detect using this technique and that, in an alternative way, if the research was deepened, it would allow the densification of the control and control stations of vehicles.

KEYWORDS: GNSS. RTK technique. Works of Special Arts. Large vehicles.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Núcleo Institucional de Pesquisa e Extensão (NIPE) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

BARRIAS, A.; PESTANA, A.; FÉLIX, C.; FIGUEIRAS, J. Monitorização de deslocamentos em estruturas com recursos ao GNSS. IN: 5ª Jornada Portuguesa de Engenharia e Estruturas, Lisboa, 2014.

BRASIL. Ministério dos Transportes, portos e aviação civil. Disponível em <http://www.transportes.gov.br>. Acesso em 20/05/2016.

DER/MG. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Disponível em <http://www.der.mg.gov.br>. Acesso em 20/05/2016.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Roteiro para monitoramento de obras rodoviárias. Rio de Janeiro, 1995.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. Manual de estudo de tráfego. Rio de Janeiro, 2006.

GOOGLE MAPS. [Estação BASE em relação aos Rovers]. [2017]. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-22.272856,-46.3624593,16z>. Acesso em 13/04/2016.

HOFMANN – WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. **GNSS – GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM: GPS, GLONASS, Galileo and more**. Austria: SpringerWien, NewYork, 2008. 516 p.

HUERTA, E; MANGIATERRA, A; NOGUEIRA, G. **GPS: Posicionamiento Satelital**. Rosário: UNR Editora, 2005.

INCRA. **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 1 ed. Brasília. 2013

JESUS, F. G.; FONTENELE, H B. Excesso de peso nos veículos rodoviários de carga e seu efeito no fator de equivalência de carga. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p.108-117, dez. 2014.

LAROCCA, A. P. C; NETO, J. O. A; TRABANCO, J. L. A; BARBOSA, A. C. B; CUNHA. A. L. B. N; SCHAAL, R. E. Uso de receptores gps de 100 hz na detecção de deflexões verticais milimétricas de pontes de concreto de pequeno porte. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 21, n. 2, p.290-307, abr. 2015. Disponível em <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/bcg/article/view/41942/25563>. Acesso em 17/09/ 2015.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Fundamentos, Definição e Aplicação**. 2 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476p.

POLETO, L. J. C. **Estudo da aplicação do GPS no monitoramento de deslocamentos em estruturas**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFV, Viçosa, 2010.

SANTOS, M. C. Emprego do GPS no monitoramento de deformações estruturais, 2000. Disponível em <http://mundogeo.com/blog/2000/12/01/emprego-do-gps-no-monitoramento-de-deformacoes-estruturais/>. Acesso em 19/05/2016.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications**. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003. 589p.

SPECTRA PRECISION. ProMark™ 220: All-in-one Rover Solution for Network RTK. Disponível em <http://www.spectraprecision.com/eng/promark-220.html>. Acesso em 20/05/2016.

Recebido: 13 dez. 2016

Aprovado: 28 nov. 2017

DOI: 10.3895/rbgeo.v5n5519

Como citar: SILVEIRA, A. W. F. N.; ALBARICI, F. L.; BORGES, P. A. F.. Técnicas de posicionamento na detecção de veículos pesados em tempo real. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 461-577, out/dez. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Allan Wiguilherme Fernandes Nogueira da Silveira

Rua João Pereira dos Santos, 19, Vista Verde II, CEP 37480-000, Lambari, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

