



ALLAN WIGUILHERME FERNANDES NOGUEIRA DA SILVEIRA

**TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO NA DETECÇÃO DE
VEÍCULOS PESADOS EM TEMPO REAL**

INCONFIDENTES- MG

2016

ALLAN WIGUILHERME FERNANDES NOGUEIRA DA SILVEIRA

**TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO NA DETECÇÃO DE
VEÍCULOS PESADOS EM TEMPO REAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientador: Prof. Msc. Fabio Luiz Albarici

INCONFIDENTES – MG

2016


ALLAN WIGUILHERME FERNANDES NÓGUEIRA DA SILVEIRA

**TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO NA DETECÇÃO DE
VEÍCULOS PESADOS EM TEMPO REAL**


Data de aprovação: 06 de outubro 2016



Prof. Msc. Fabio Luiz Albarici
(IFSULDEMINAS- *Campus Inconfidentes*)
Professor Orientador



Prof. Esp. Paulo Augusto Ferreira Borges
(IFSULDEMINAS- *Campus Inconfidentes*)
Professor Coorientador



Prof. Fabiane de Fátima Maciel
(IFSULDEMINAS- *Campus Inconfidentes*)

Aos meus amados pais José Luiz e Guaraciaba pela confiança depositada em mim desde o início desta jornada, à minha querida irmã Ellen pelos incentivos, a toda minha família pelas orações e apoio incondicional e a minha namorada Tamiris pelo companheirismo, pela cobrança e por todos os momentos vividos juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus pela vida, pela minha saúde e também pela oportunidade de conhecer pessoas maravilhosas e vivenciar essa experiência única em minha vida.

Aos meus pais Luizinho e Bibina, como são conhecidos, agradeço do fundo do coração cada esforço para que eu conseguisse chegar até aqui. Muitíssimo obrigado!

Aos meus queridos tios e tias que em toda minha vida estiveram presentes me apoiando e incentivando, em especial à tia Mara que cuida de todos nós lá do céu.

À minha segunda família que me recebeu e acolheu com muito carinho. Serei eternamente grato a todos vocês.

Ao meu orientador e amigo particular Fabio Albarici, pelos ensinamentos, confiança e total apoio desde a concepção até a finalização deste trabalho.

Aos professores, Fabiane Maciel e Paulo Borges pela participação direta no trabalho e por aceitarem prontamente o convite para compor a banca.

Ao grupo de docentes do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica pelos conhecimentos transmitidos a nós alunos e também ao servidor Marcos Roberto Santos que sempre se dispôs a ajudar, mesmo fora do horário.

Ao Núcleo Institucional de Pesquisa e Extensão do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes* pela concessão da bolsa de iniciação científica durante o período de execução do trabalho.

E finalmente aos grandes amigos e amigas que fiz durante este período e que levarei pra sempre e àqueles que caminham comigo há anos.

RESUMO

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 importante 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 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 Pesados.

ABSTRACT

The use of GNSS receivers have proven effective in different areas such as land navigation, sea and air, engineering works monitoring, precision agriculture, monitoring structures, geodynamics, volume calculation and others. Moreover, the ability to collect data continuously, accurately and in real-time mode make these important tools receptors to detect any problems in infrastructure of road network that are targets of major investments by the government and need to routinely pass inspection campaigns and maintenance. Studies have shown that the current vehicle load monitoring method has revealed some flaws and thus exacerbates one way or another roads. Therefore, this work presents a way to detect heavy vehicles that travel by a concrete bridge, considered as a work of special art, using a technique called positioning RTK. The results showed that it was possible such detection using this technique and an alternative, if thorough research, enable densification of checkpoints and vehicle control.

Keywords: GNSS, RTK Technique, Special Art Works, Heavy Vehicles

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da técnica RTK.....	7
Figura 2 - Área de estudo.	8
Figura 3 - Distribuição dos pontos fixos sobre a ponte.	9
Figura 4 - Comparação das altitudes pelos métodos RTK e Pós Processado.....	9
Figura 5 - Linhas de base formadas entre a estação de referência e as estações móveis.	10
Figura 6 - Exemplo de veículos de grande porte.	10
Figura 7 - Deslocamento vertical da ponte evidenciado pela variação da altitude.....	11
Figura 8 - Intervalo sem ocorrência de veículos pesados.	12
Figura 9 - Intervalo marcado pelos registros de veículos pesados.	13
Figura 10 - Detecção dos veículos pesados.	14

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivo Geral	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. IDENTIFICAÇÃO DA REVISTA	2
2. ARTIGO NAS NORMAS DA REVISTA	4
3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	17
ANEXO I – NORMAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA.....	18
ANEXO II – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO	21

1. INTRODUÇÃO

As obras civis, do ponto de vista estrutural, estão propensas a ações das forças estáticas e dinâmicas que causam deslocamento estrutural. Estes deslocamentos são caracterizados pelo movimento direcional, amplitude e comportamento temporal. As particularidades de cada estrutura como tamanho e rigidez dos elementos que a compõem, influenciam especialmente na amplitude, podendo variar da faixa de milímetros a metros (LAROCCA, 2004).

As ações dinâmicas são decorrentes do comportamento de fatores externos à estrutura como, por exemplo, o vento, a variação térmica, as cargas móveis (pedestres e tráfego de veículos), as cargas de construção, ações sísmicas, entre outras. Este conjunto de ações pode conduzir a infraestrutura a estados críticos de uso (LAROCCA, 2004). As operações para recuperação e reconstrução destas obras são de alto valor econômico. Mediante a necessidade de maior segurança quanto ao comportamento em serviço destas estruturas aliado ao fator econômico, faz-se necessário a realização do seu monitoramento (POLETO, 2010).

Segundo Poleto (2010) “a precisão do monitoramento das estruturas está diretamente relacionada ao tipo de equipamento utilizado para realização das observações, a precisão que esse equipamento pode fornecer e à técnica de observação realizada”. Assim, tecnologias já consagradas no âmbito de posicionamento, como o caso dos receptores GNSS

de alta precisão, despontam como uma boa alternativa para serem empregados em campanhas de monitoramento das deformações sofridas pelas estruturas viárias.

No presente trabalho, utilizou-se da tecnologia dos receptores GNSS e da técnica de posicionamento RTK que possibilitou o cálculo da posição dos pontos fixados na estrutura de forma instantânea. Deste modo uma metodologia foi usada para conseguir detectar aqueles veículos que por suas características de dimensão e peso provocam ações dinâmicas na estrutura como movimentos de amplitude acentuada. Os resultados mostraram que foi possível identificar esses veículos e que futuramente estes equipamentos podem tornar uma alternativa para adensamento dos postos de fiscalização e controle de tráfego.

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Detectar a ocorrência de veículos pesados através de gráficos oriundos de observações feitas com receptores GNSS valendo-se da técnica RTK.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Organizar o volume de dados coletados em planilhas eletrônicas para realizar análises e comparações para distinção dos veículos de interesse deste trabalho.
- Confeccionar gráficos com dados de altitudes para identificação dos veículos pesados combinando o horário de observação com o comportamento do gráfico.

1.2. IDENTIFICAÇÃO DA REVISTA

A Revista de Engenharia e Tecnologia, de responsabilidade da Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Ponta Grossa, é eletrônica com foco em pesquisa e

desenvolvimento em Engenharia e Tecnologia. A revista aceita e publica artigos em português. A política e a seleção de artigos são determinadas pelo conselho editorial da revista e por orientações específicas dos avaliadores.

A periodicidade é quadrimestral e é um veículo de divulgação de trabalhos selecionados em eventos, através de edições especiais, e através de avaliação pelos pares. A abrangência é nacional e internacional, envolvendo membros do conselho editorial de várias instituições no país e no exterior. A Revista de Engenharia e Tecnologia é identificada segundo o ISSN 2176-7270, possui Qualis B4 na área de avaliação: Engenharias I.

2. ARTIGO NAS NORMAS DA REVISTA

Nesta seção é apresentado o artigo de título “Técnicas de posicionamento na detecção de veículos pesados em tempo real” formatado segundo as normas da Revista de Engenharia e Tecnologia. Este documento foi submetido para avaliação em 13 de julho de 2016.

TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO NA DETECÇÃO DE VEÍCULOS PESADOS EM TEMPO REAL

Allan Wiguilherme Fernandes Nogueira da Silveira (IFSULDEMINAS) E-mail: allanbororo55@gmail.com

Fabio Luiz Albarici (IFSULDEMINAS) E-mail: fabio.albarici@ifsuldeminas.edu.br

Paulo Augusto Ferreira Borges (IFSULDEMINAS) E-mail: paulo.borges@ifsuldeminas.edu.br

Resumo: 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 importante 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 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 Pesados.

POSITIONING TECHNIQUES IN HEAVY VEHICLE DETECTION IN REAL TIME

Abstract: The use of GNSS receivers have proven effective in different areas such as land navigation, sea and air, engineering works monitoring, precision agriculture, monitoring structures, geodynamics, volume calculation and others. Moreover, the ability to collect data continuously, accurately and in real-time mode make these important tools receptors to detect any problems in infrastructure of road network that are targets of major investments by the government and need to routinely pass inspection campaigns and maintenance. Studies have shown that the current vehicle load monitoring method has revealed some flaws and thus exacerbates one way or another roads. Therefore, this work presents a way to detect heavy vehicles that travel by a concrete bridge, considered as a work of special art, using a technique called positioning RTK. The results showed that it was possible such detection using this technique and an alternative, if thorough research, enable densification of checkpoints and vehicle control.

Keywords: GNSS, RTK Technique, Special Art Works, Heavy Vehicles

1. INTRODUÇÃO

Veem-se, rotineiramente, 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 densa. 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 dos receptores GNSS de alta precisão, despontam como uma boa alternativa para serem empregados em campanhas de monitoramento das deformações sofridas pelas estruturas viárias. De 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 denomina-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 estrutura de concreto antiga na cidade de Ouro Fino/MG através de dados obtidos por receptores GNSS valendo-se da técnica RTK.

1.1. O Transporte Rodoviário e o Monitoramento das OAE

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

1.2. Métodos de Posicionamento GNSS

O posicionamento de um objeto diz respeito à determinação de sua coordenada com relação a um referencial específico. Quando as coordenadas forem determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices de coordenadas conhecidas este posicionamento é chamado de relativo. Quanto ao estado do objeto a ser posicionado, este não precisa, necessariamente, estar em repouso. O posicionamento cinemático é caracterizado pela determinação de uma posição (coordenada) do objeto a cada n instantes de tempo permitindo assim estimar sua trajetória durante o movimento (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 dependem somente dos erros de cálculos dos vetores, mas também da exatidão das coordenadas da estação de referência (HUERTA *et al.*, 2005).

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.

1.3. Técnica RTK – *Real Time Kinematic*

Pode-se então, 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.

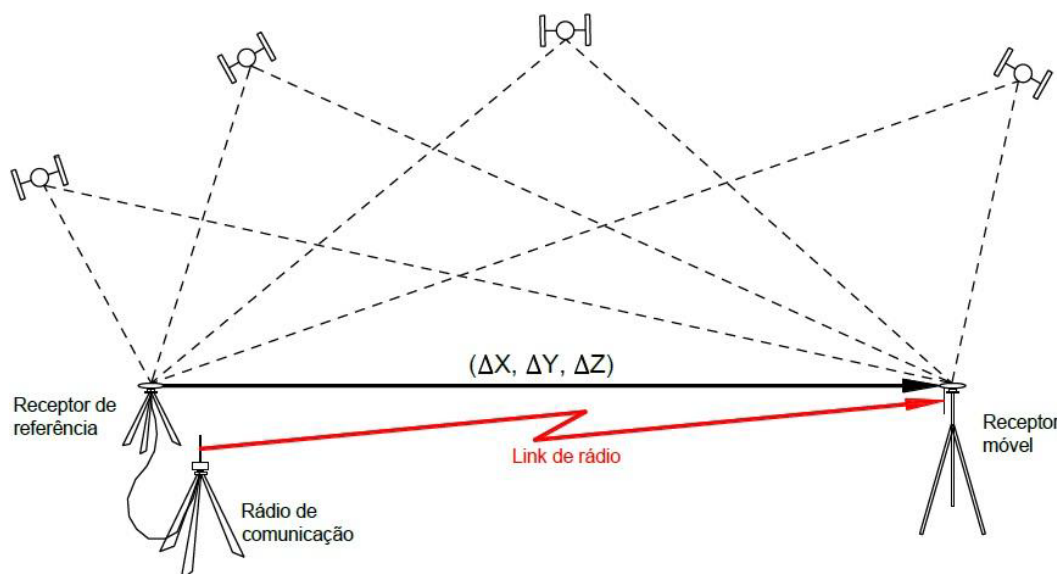


Figura 1 - Esquema da técnica RTK
Fonte: INCRA, 2013.

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

Em algumas 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).

2. 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. A Figura 3 ilustra o local de escolha dos pontos.



Figura 2 - Área de estudo.



Figura 3 - Distribuição dos pontos fixos sobre a ponte.

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 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 encontra o receptor fez-se uso da técnica *Real Time Kinematic* (RTK). Esta técnica garante uma precisão de até $10\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ (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. A Figura 4 ilustra a sobreposição a partir dos dados do receptor 2. No entanto, nesta pesquisa o interesse especial recai sobre o uso da técnica RTK.

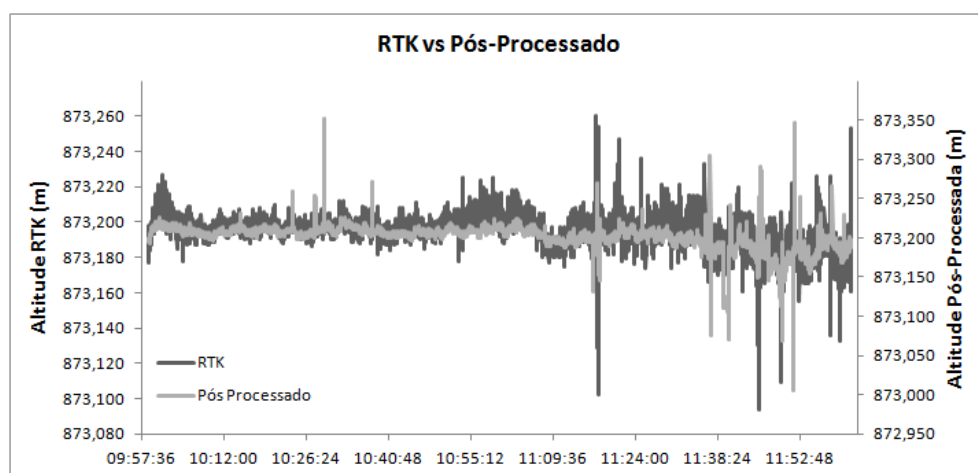


Figura 4 - Comparação das altitudes pelos métodos RTK e Pós Processado

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. Obtiveram-se de forma precisa as coordenadas deste ponto porque os dados do RTK e do cinemático pós-processado são dependentes desse mesmo ponto base. Os receptores fixados na estrutura foram identificados pelos algarismos um dois e três e as suas posições em campo é ilustrada conforme a Figura 5.



Figura 5 - Linhas de base formadas entre a estação de referência e as estações móveis.

Uma vez instalado os equipamentos e iniciado o rastreamento, 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 6 – porque geram maior vibração na estrutura possibilitando então identificá-los com maior destreza nos gráficos.

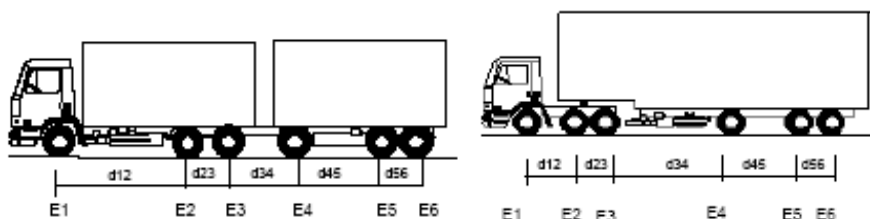


Figura 6 - Exemplo de veículos de grande porte.

Finalizado o período de rastreamento com os receptores GNSS procedeu-se com o pós-processamento e análise dos dados oriundos do RTK. Extraiu-se, portanto, desse volume de informações apenas as altitudes, variável indicativa do deslocamento vertical da estrutura, e o respectivo horário de observação. Feita a tabulação geraram-se gráficos que exprimem o comportamento da variável estudada durante um intervalo de tempo e foram feitas análises comparativas entre os receptores para identificar e comprovar a passagem do veículo estudado através dos gráficos baseando-se nos horários anotados durante todo o rastreamento.

3. 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.

Tomando a campanha com maior número de observações para discussão dos resultados, a Figura 7, traduz o comportamento da componente altimétrica em função do tempo de rastreo para cada receptor GNSS.

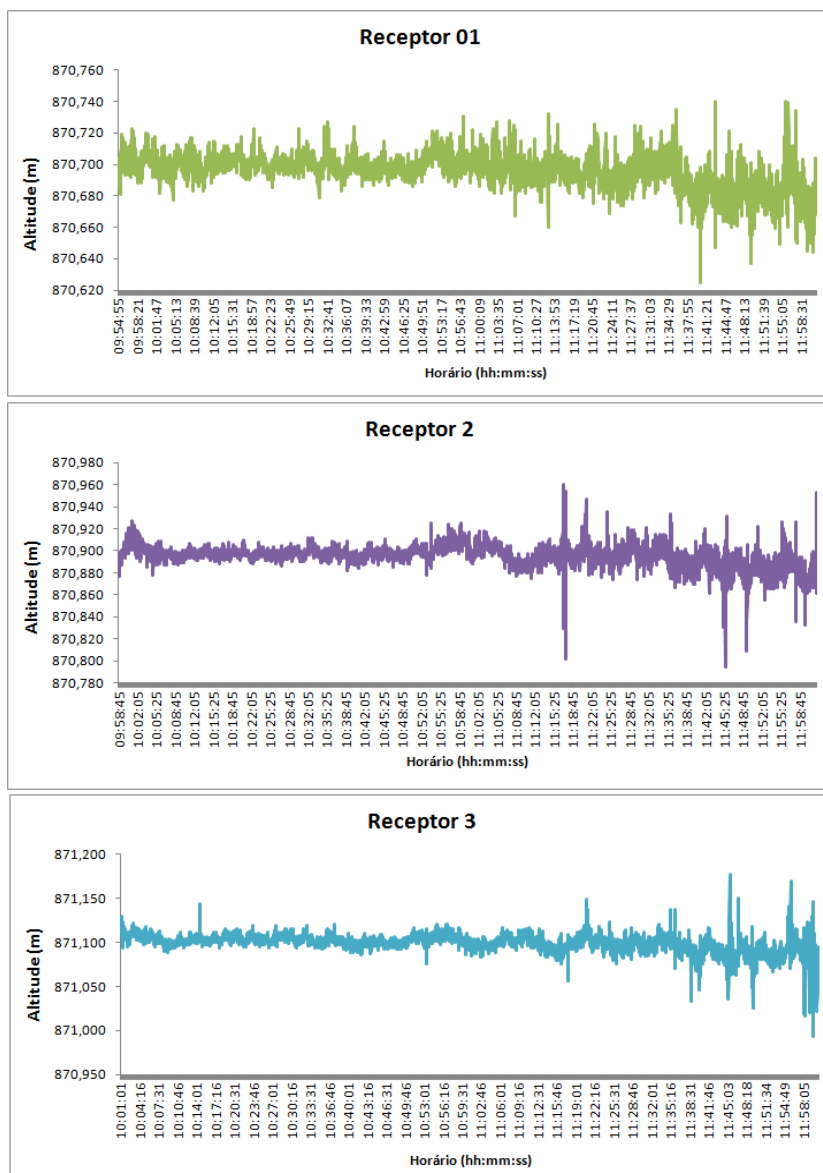


Figura 7 - Deslocamento vertical da ponte evidenciado pela variação da altitude.

Analisando o conjunto de dados apresentado na Figura 7 notaram-se dois intervalos de especial interesse. O primeiro intervalo representa um período sem registro de tráfego de veículos de grande porte pela ponte e o outro é caracterizado por um fluxo considerável de veículos pesados. A Figura 8 ilustra o comportamento da altitude de cada receptor no intervalo de tempo sem a ocorrência de tráfego de veículos pesados.

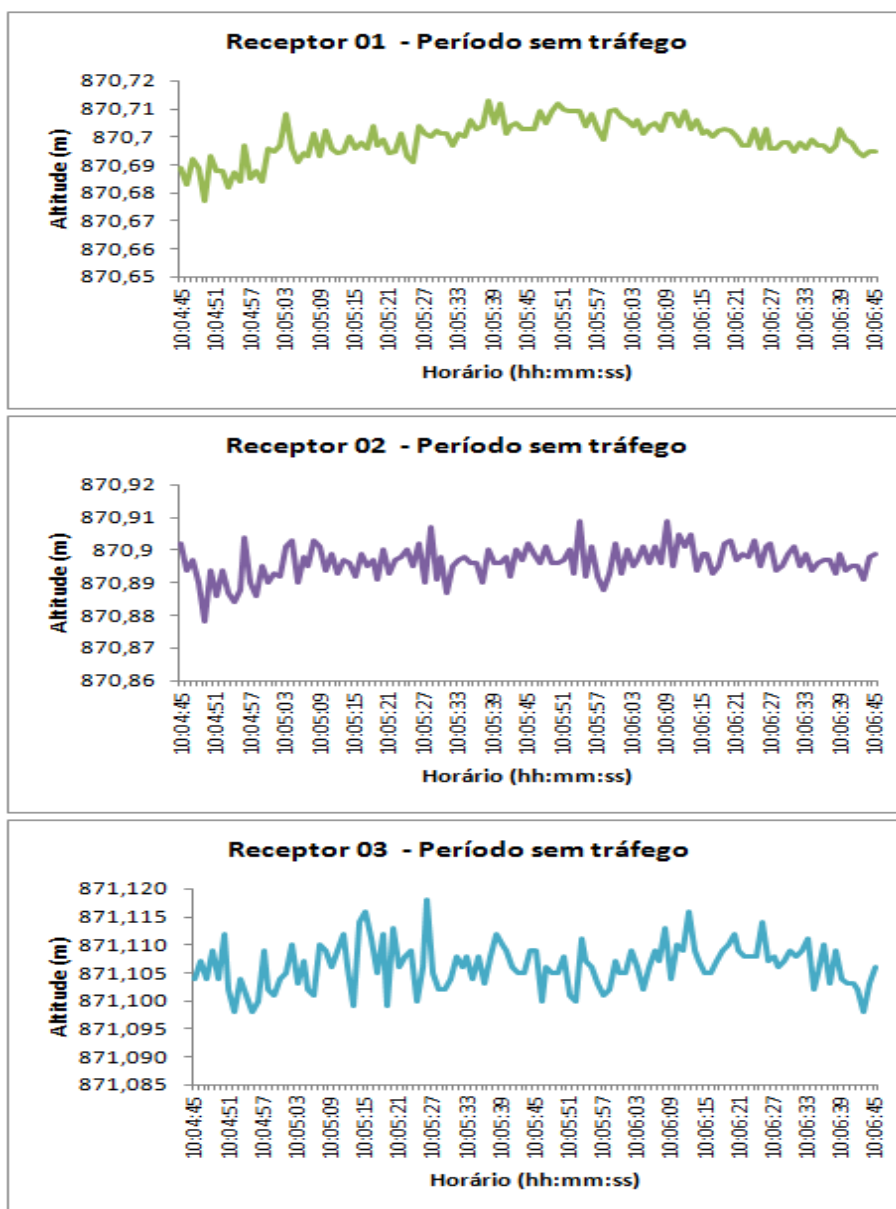


Figura 8 - Intervalo sem ocorrência de veículos pesados.

Examinando as altitudes de cada receptor apresentado pela Figura 8, percebe-se que a discrepância é da ordem de poucos centímetros e a variação no decorrer do mesmo intervalo de tempo é semelhante. Portanto, estes dados remetem de maneira significativa o que ocorreu em campo durante o rastreo GNSS.

Já para a análise do intervalo que foi influenciado pelo tráfego de veículos pesados foram utilizadas combinações para evidenciar e desta maneira auxiliar na identificação destes veículos através do horário. As combinações usadas foram entre os receptores 1-2, 1-3 e 2-3 sempre para o mesmo intervalo de tempo (Figura 9).

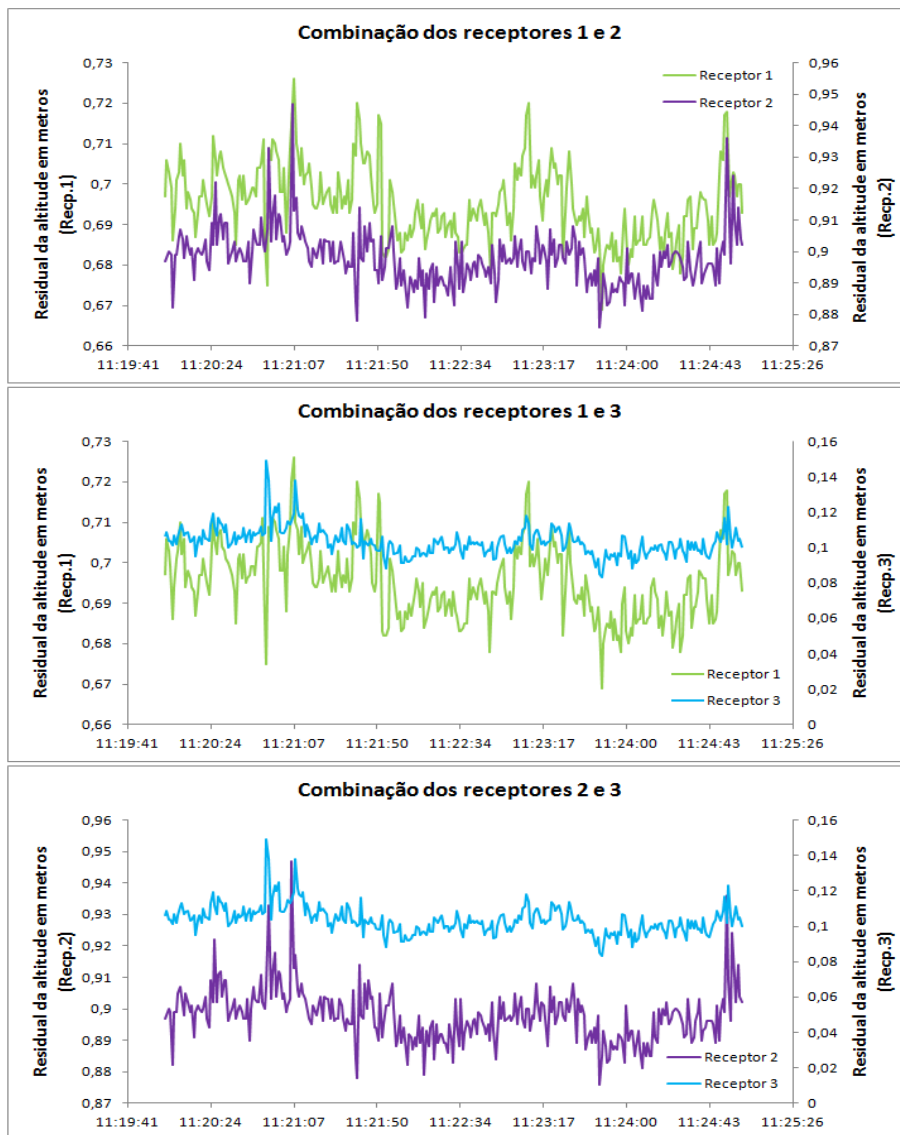


Figura 9 - Intervalo marcado pelos registros de veículos pesados.

Na situação acima, a variação da altitude de cada receptor ficou marcada por um aspecto dinâmico, ou seja, ora apresenta variações ascendentes ora descendentes. Logo, torna evidente a existência de uma fonte com potencial de interferir de modo considerável seu comportamento natural.

Diante dos resultados apresentados podem-se fazer algumas análises. Os dados oriundos do receptor 1 apresentam um padrão de variação mais agudo, diferentemente dos demais. Justifica-se tal discrepância pela posição escolhida para este receptor. Optou-se por fixá-lo em um “vão”, ou seja, 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. Já os dados dos receptores 2 e 3 se comportaram de modo mais ameno devido a essa sustentação oferecida pela estrutura. Percebe-se assim, a suscetibilidade do receptor 1 pelo fato de apresentar maior variação perante aos demais receptores durante o período sem anotação de veículos pesados ilustrado na Figura 8 e também pelo comportamento apresentado nas comparações feitas entre os receptores mostrado na Figura 9.

Sendo 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	11:21:07
II	11:21:41
III	11:23:46
IV	11:24:52

Aproveitando-se dos gráficos gerados na apresentação do período com grande fluxo de veículos pesados é mostrado na Figura 10 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.

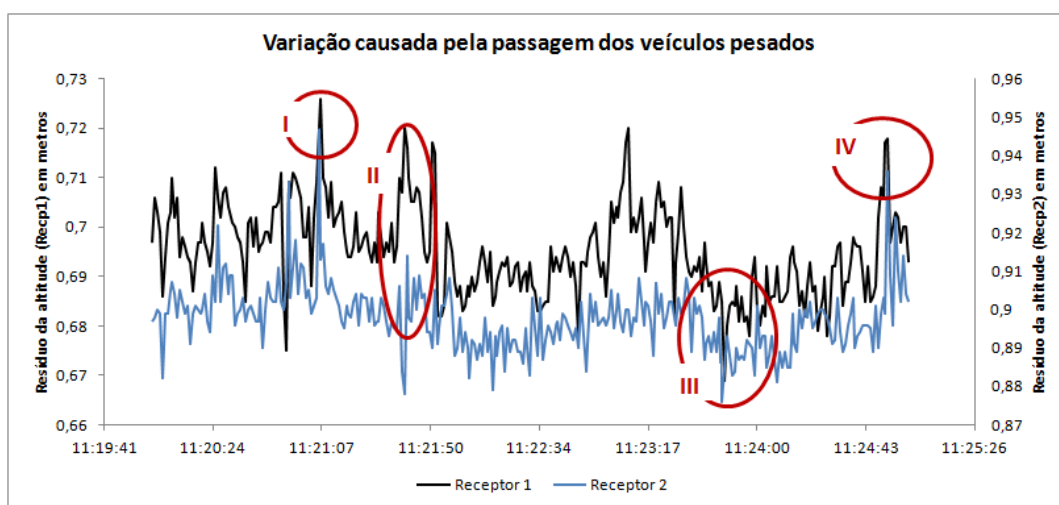


Figura 10 - Detecção dos veículos pesados.

Vale ainda salientar que na investigação dos dados estava previsto que um 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 na Figura 10 encontram-se deslocados e não sobrepostos.

4. CONCLUSÕES

O método de posicionamento GNSS utilizado nesta pesquisa mostrou-se válido, pois detectou de forma eficaz 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 dez milímetros. Contudo, os dados 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 de 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 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.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Núcleo Institucional de Pesquisa e Extensão (NIPE) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *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.

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.

3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LAROCCA, A. P. C. O uso do GPS como instrumento de controle de deslocamento dinâmico de obras civis: Aplicação na área de transportes. 2004. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

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.

**ANEXO I – NORMAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA DE
ENGENHARIA E TECNOLOGIA**

O TÍTULO DO SEU TRABALHO VEM AQUI

Nome completo do autor 1 (Profissão e Instituição em que trabalha) E-mail: email@do.autor.contato.br
Nome completo do autor 2 (Profissão e Instituição em que trabalha)
Nome completo do autor 3 (Profissão e Instituição em que trabalha)

Resumo: Escreva aqui o resumo do seu trabalho. Escreva um único parágrafo. Lembre-se: segundo a ABNT, o resumo de um artigo deve conter no máximo 250 palavras.

Palavras-chave: Escreva aqui as palavras-chave do seu artigo.

PUT HERE AN ENGLISH VERSION OF THE TITLE OF YOUR ARTICLE

Abstract: Put here an English version of your abstract.

Keywords: Put here the keywords.

1. INTRODUÇÃO

Segundo as normas da ABNT, o primeiro parágrafo de cada seção não deve ser indentado. Este parágrafo ilustra tal situação.

A partir do segundo parágrafo até o fim da seção, deve-se indentar a primeira linha com 1 tabulação. Este parágrafo ilustra tal situação.

Se houver necessidade, a seção pode ser segmentada em sub tópicos. Como a introdução recebe o número 1, as subseções recebem os números 1.1, 1.2, 1.3 e assim por diante.

A formatação deste documento permite identificar que entre uma seção e outra há uma linha em branco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Descreva nesta seção os materiais utilizados nos procedimentos experimentais. Detalhe como foram realizados os experimentos. Lembre-se: o trabalho deve estar bem escrito, suficientemente de forma que os experimentos possam ser reproduzidos por outros pesquisadores.

Se precisar colocar alguma imagem no artigo, dimensione-a de modo que fique centralizada, com um tamanho suficiente para que a imagem seja compreensível e que não ocupe muito espaço na página.

A seguir, é apresentada uma figura que mostra um pedaço da tela do navegador Mozilla Firefox. Note que o tamanho da imagem é suficiente para identificar os componentes os quais precisam ser observados para o entendimento do conteúdo do texto. Quando citar figuras, tabelas ou gráficos, utilize as iniciais em maiúscula e indique o número do elemento. Por exemplo, a Figura 1 mostra a barra de busca do navegador Firefox, encontrada no canto superior direito do mesmo. Ela serve para facilitar o acesso aos buscadores. Mais um detalhe que deve ser observado é que a legenda da figura deve ser centralizada, localizada abaixo da imagem, ou seja, formatada conforme o exemplo apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Barra de busca do Mozilla Firefox.

Ao citar uma tabela, formate-a no mesmo padrão das figuras, porém, situe a legenda acima da tabela. Um exemplo pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela que mostra parâmetros e resultados de uma função qualquer.

Parâmetro	Valor
Constante a	1,5
Dosagem de componente químico	1000 mg/L
Tempo de ação do componente	10 min
Resultado esperado	100%

Na seção a seguir apresente os resultados obtidos nos seus experimentos e discuta-os.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui começa o primeiro parágrafo da seção de resultados e discussão.

O autor é livre para organizar as seções conforme achar necessário. Este documento é apenas um modelo de formatação. A organização fica por conta do autor.

4. CONCLUSÕES

Exponha nesta seção as conclusões a respeito do seu trabalho. Resgate o objetivo do seu trabalho confrontando-o com os resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

SOBRENOME, N.; **SOBRENOME, N.N.** *Produção intelectual citada neste artigo.* In: X Congresso, Cidade, 2000. Disponível em <http://www.web.com.br/arquivo.pdf>. Acesso em 01/01/2000.

SOBRENOME, N. *Trabalho produzido por um pesquisador e que foi citado neste artigo.* Revista XYZ, v.10, n.2, p.1-15, abr-jun, 2010.

ANEXO II – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO

23/08/2016

Gmail - [RET] Agradecimento pela Submissão



Allan Fernandes <allanbororo55@gmail.com>

[RET] Agradecimento pela Submissão

Maria Salete Marcon Gomes Vaz <salete@uepg.br>
Para: Allan W Fernandes Nogueira da Silveira <allanbororo55@gmail.com>

13 de julho de 2016 13:10

Allan W Fernandes Nogueira da Silveira,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "OBSERVÁVEIS GNSS NA DETECÇÃO DE VEÍCULOS PESADOS EM TEMPO REAL" para Revista de Engenharia e Tecnologia. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://www.revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/author/submission/526>

Login: allan_94

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Maria Salete Marcon Gomes Vaz
Revista de Engenharia e Tecnologia

Revista Eletrônica de Engenharia e Tecnologia
www.revistaret.com.br