

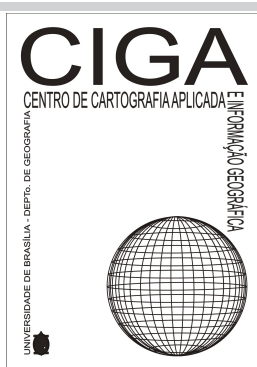
Artigo

# ANÁLISE DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DA REDE GNSS LOCAL DA UFU – CAMPUS SANTA MÔNICA

Lorena Araújo Silva  
Maria Lígia Chuerubim  
Ana Carolina Gonzaga Pires  
Plínia Guedes Gomes

p. 32-50

revista



T - T - T

Revista Eletrônica:  
Tempo - Técnica - Território,  
V.4, N.1 (2013), 32:50  
ISSN: 2177-4366

DOI: <https://doi.org/10.26512/ciga.v4i1.16318>

Como citar este artigo:

SILVA, L. A., *Ana Carolina Gonzaga Pires, Maria Lígia Chuerubim, Plínia Guedes Gomes*. ANÁLISE DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DA REDE GNSS LOCAL DA UFU – CAMPUS SANTA MÔNICA.

Revista Eletrônica: Tempo - Técnica - Território, v.4, n.1 (2013), p. 32:50 ISSN: 2177-4366. DOI: <https://doi.org/10.26512/ciga.v4i1.16318>

Disponível em:

<http://inseer.ibict.br/ciga/index.php/ciga/article/viewFile/169/128>

Este obra está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

## ANÁLISE DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DA REDE GNSS LOCAL DA UFU – CAMPUS SANTA MÔNICA

Lorena Araújo Silva<sup>1</sup>  
Maria Lígia Chuerubim<sup>2</sup>  
Ana Carolina Gonzaga Pires<sup>1</sup>  
Plínia Guedes Gomes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aluna de Graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia - UFU/FECIV  
Caixa Postal 593 – 38408-100 - Uberlândia - MG, Brasil  
araujolorena.s@gmail.com  
anacarolina.g.p@hotmail.com  
plinia\_guedes@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora Mestra da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia - UFU/FECIV  
Caixa Postal 593 – 38408-100 - Uberlândia - MG, Brasil  
marialigia@feciv.ufu.br

**Resumo.** Para o desenvolvimento adequado de pesquisas, ensino e atividades de extensão, verificou-se a necessidade de melhorar a qualidade da rede *Global Navigation Satellite System* (GNSS) local da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica. A rede GNSS da UFU é uma rede passiva que foi implantada há cerca de 6 anos no campus, com aproximadamente 19 estações. Nos anos seguintes, foi realizada uma nova densificação desta rede, com a adição de 4 estações: CIV01, CIV02, CIV03 e CIV06. No entanto, a expansão do campus e a falta de informação dos servidores e da comunidade em geral, fez com que muitas estações fossem removidas ou realocadas indevidamente. Estes fatores afetam diretamente a qualidade geométrica da rede, interferindo no desenvolvimento de atividades topográficas e/ou geodésicas. Após o diagnóstico da rede existente, foram elaboradas estratégias a fim de se verificar as melhores localidades para a implantação e materialização das novas estações. Nesta etapa, foram adotadas as recomendações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bem como a consulta do plano diretor do campus. Materializou-se 15 novas estações que, posteriormente, foram integradas a rede pré-existente. Os processos de densificação e integração da rede GNSS local da UFU vêm contribuindo com as atividades desenvolvidas pelos membros do Laboratório de Topografia da

Faculdade de Engenharia Civil (FECIV), no que contempla às atividades de ensino, pesquisa e extensão.

**Palavras-chave:** Marcos Geodésicos, Rede GNSS, Levantamento Geodésico.

**Abstract.** In order to suit the development of researches, practical classes and others outreach activities, it was verified the importance of improve the quality of the network Global Navigation Satellite Systems (GNSS) local of Federal University of Uberlândia (UFU), Santa Mônica campus. The GNSS network of the university is a passive network that was implanted six years ago, with approximately 19 stations. In the following years, a new densification was performed by adding four stations: CIV01, CIV02, CIV03 and CIV06. However, many stations were uprooted and/or relocated because of the campus' expansion and the servers and community's lack of information. These factors directly affect the geometric quality network, interfering in the development of topographic and/or geodesic activities. After the diagnosis of the pre-existing network, were developed strategies to verify the best locations for the deployment and materialization of the new stations. At this stage, it was considered the recommendations of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), and it was analyzed the master plan of the university. Fifteen new stations were materialized and integrated into the existing network. The processes of densification and integration of the GNSS local network at the university have been contributing with the activities undertaken by members of the Topographic Laboratory at the Civil Engineering Faculty (FECIV), which includes teaching, research and extension activities.

**Key words:** Geodesic Marks, GNSS Network, Geodetic Survey.

**Resumen.** Para el desarrollo adecuado de las actividades de investigación, enseñanza y extensión, hay una necesidad de mejorar la calidad del sistema de satélites de la red global de navegación (GNSS) de la Universidad Federal de Uberlândia Local (UFU), campus Santa Mónica. La red GNSS UFU es una red pasiva que se ha implementado durante unos seis años en la universidad, con aproximadamente 19 estaciones. En los años siguientes, se realizó una nueva densificación de la red, con la adición de 4 estaciones: CIV01, CIV02, CIV03 y CIV06. Sin embargo, la expansión del campus y la falta de información de los servidores y de la comunidad en general, fueron las razones para la eliminación de los puntos, así como su reubicación indebida. Estos factores afectan directamente la calidad de la red geométrica, lo que interfiere con el desarrollo de las actividades

topográficas y / o geodésica. Después del diagnóstico de la red existente, las estrategias fueron desarrolladas con el fin de verificar las mejores ubicaciones para la aplicación y realización de las nuevas estaciones. En esta etapa, hemos adoptado las recomendaciones del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), así como la consulta del plan maestro del campus. Materializada 15 nuevas estaciones que posteriormente se integraron en la red existente. Los procesos de densificación y la integración de los GNSS red local UFU están contribuyendo a las actividades llevadas a cabo por miembros del Laboratorio de Topografía de la Facultad de Ingeniería Civil (FECIV), que incluye las actividades de docencia, investigación y extensión.

Palabras clave:

## 1 Introdução

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os levantamentos geodésicos compreendem um conjunto de atividades voltadas para as medições e observações de grandezas físicas e geométricas que conduzem a obtenção de parâmetros de pontos integrantes de um sistema (IBGE, 1983). Assim, a elaboração de cartas gerais, o controle e a locação de projetos de engenharia, estudos de drenagem e gradientes em áreas de topografia elevada, bem como demais atividades, estão relacionadas com a observação e obtenção de resultados a partir de levantamentos geodésicos (MONICO, 2008 e LEICK, 2004).

Estes levantamentos são executados com o auxílio de pontos materializados sobre a superfície terrestre, que em conjunto formam as redes geodésicas passivas ou ativas. No Brasil, o IBGE disponibiliza dados planimétricos, altimétricos e gravimétricos de estações vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, por meio da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

Para a medição dos pontos é necessário que seja analisado as eventuais limitações que cada tecnologia de levantamento apresenta. Apesar de garantir boa precisão, a coleta de dados pelo uso do *Global Positioning System* (GPS), por exemplo, pode se tornar inviável em áreas urbanas ou de densa cobertura vegetal, devido à presença de obstruções físicas no local, acarretando perdas de ciclo e multicaminho (SEEBER, 2003). Assim, é necessário recorrer ao uso de outras geotecnologias como, por exemplo, uma estação total para as medições terrestres angulares e lineares. Para evitar tais problemas, é necessário que o estabelecimento de uma rede geodésica siga o princípio de otimização de redes (MONICO, 2008 e SEEBER, 2003).

O conceito de redes otimizadas está ligado à configuração dos pontos e a hierarquia entre as medições. A qualidade de uma rede deve estar vinculada a precisão e a confiabilidade que a mesma fornece (MARINI, 2002).

A fim de manter a confiabilidade dos resultados estimados, o IBGE instituiu especificações e normas para cada tipo de levantamento (triangulação, trilateração, poligonação, rastreamento de satélites). Desta forma, são estabelecidas as diretrizes necessárias para a vinculação dos levantamentos ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), podendo estas documentações serem obtidas a partir do endereço eletrônico: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default\\_normas.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_normas.shtm) (Acesso: 03/2013).

Nesta perspectiva, esta pesquisa objetivou densificar, integrar e adequar a rede GNSS local da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica, ao SGB, às recomendações do IBGE e as precisões fornecidas pelas geotecnologias de posicionamento existentes atualmente como GNSS. Para tanto, realizou-se o diagnóstico da rede pré-existente e seu processo de densificação e integração ao SGB, com base na utilização de estações de controle pertencentes à RBMC, como a estação MGUB, localizada no Município de Uberlândia/MG e no próprio campus de estudo. Este trabalho contribui, ainda, ao processo de manutenção da rede e às atividades de pesquisa, ensino e extensão desenvolvidas pela universidade.

## 2 Marcos Geodésicos

Visando padronizar a materialização de todas as estações das redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica que fazem parte do SGB, o IBGE disponibiliza normas que tratam da materialização dos marcos geodésicos (IBGE, 2008). Segundo a Padronização de marcos geodésicos do IBGE, a implantação destes marcos pode ser realizada de três formas (IBGE, 2008):

- ✓ Chapa cravada em superfície estável já existente no local;
- ✓ Marco ou pilar de concreto com chapa incrustada no seu topo;
- ✓ Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no topo e chapa cravada na lateral.

O IBGE também faz recomendações quanto ao local de materialização dos marcos, com a finalidade de evitar degradações e dificuldades de localização. Sendo assim, os marcos geodésicos devem ser implantados em locais estáveis e visíveis (IBGE, 2008).

Ademais, para assegurar a confiabilidade de resultados, devem-se evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas de rádio, repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, localidades próximas a árvores e vegetação densa, bem como locais que possuem influência de vibrações e trepidações (IBGE, 2008).

No campus Santa Mônica da UFU, há apenas uma materialização de centragem forçada: o IBGE16. As demais estações do campus são apenas chapas cravadas nas superfícies (Figura 1) ou chapas incrustadas no topo de pilares de concreto (Figura 2).



**Figura 1.** Chapa cravada em superfície estável.

**Fonte:** Autores (2013).



**Figura 2.** Chapa incrustada em um pilar de concreto.

**Fonte:** CHUERUBIM et. al. (2013).

### 3 Metodologia de trabalho

Inicialmente, avaliou-se a qualidade da rede GNSS local da UFU pré-existente, verificando-se a viabilidade de utilização dos marcos em aplicações geodésicas e topográficas.

Posteriormente, os marcos selecionados com base em seu critério de conservação e localização foram reocupados por meio do rastreamento com receptores GPS modelo Promark2 de simples

frequência da ASHTECH, em três dias siderais distintos e em diferentes intervalos do dia, com duração mínima de 30 minutos (Figura 3).



**Figura 3.** Rastreio das estações da rede GNSS local da UFU.

**Fonte:** Autores (2013).

Nesta fase, os dados GPS da rede GNSS local da UFU (FECIV01, FECIV02, FECIV03, FECIV04, FECIV05, FECIV08, FECIV13, FECIV10, FECIV14, FECIV17, FECIV19, FECIV20, CIV01, CIV02, CIV03, CIV06, IBGE16), campus Santa Mônica, e os arquivos RINEX da estação de referência MGUB, bem como as órbitas precisas do *International GNSS Service* (IGS), disponibilizadas no endereço [http://igsceb.jpl.nasa.gov/components/prods\\_cb.html](http://igsceb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html) (Acesso: 03/2013), e os parâmetros de calibração absoluta, disponibilizados pelo *National Geodetic Survey* (NGS), disponíveis no endereço <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/> (Acesso: 03/2013), foram processados e ajustados no *software* de processamento e ajustamento de dados GNSS Topcon Tools versão 8.2, obtendo-se as coordenadas das estações e suas respectivas precisões. As coordenadas estimadas foram, posteriormente, comparadas com as informações fornecidas em seus descritivos

junto ao Laboratório de Topografia da FECIV, como forma de verificar a confiabilidade das coordenadas das estações e eventuais pontos realocados.

Feita a análise da rede, realizou-se a implantação estratégica de novos marcos geodésicos, ou seja, o adensamento da rede GNSS local da UFU, considerando-se o plano de expansão do campus Santa Mônica. Para tanto, foram utilizadas formas de materialização recomendadas pelo IBGE como chapas metálicas cravadas diretamente em superfícies estáveis e em marcos de concreto fincados em solo (Figura 4).



**Figura 4.** Chapa metálica cravada em bloco de concreto.

**Fonte:** Autores (2013).

Após a densificação da rede, realizou-se o rastreio dos novos marcos obedecendo-se as recomendações do IBGE no que concerne ao levantamento dos marcos pré-existentes. Nesta etapa, além do uso dos receptores GPS modelo Promark2, também foi utilizado receptores Promark100 de simples frequência. Os dados obtidos e os arquivos RINEX da estação MGUB foram processados e ajustados, obtendo-se as coordenadas das novas estações.

A partir dos resultados obtidos integrou-se a rede pré-existente às novas estações implantadas, por meio das estações de conexão, ou seja, pontos comuns à ambas as redes, aplicando-se o Método Paramétrico com a adição de novas equações e observações (GEMAEL, 1984). Portanto, a rede geodésica da universidade foi densificada e integrada ao SGB, resultando em uma rede passiva com mais de 30 marcos distribuídos ao longo do campus, servindo de apoio a trabalhos de diversas naturezas, sejam geodésicos e topográficos.

#### **4 Rede Geodésica pré-existente**



A partir de dados obtidos no Laboratório de Topografia da FECIV, observou-se que há aproximadamente seis anos, foram implantadas no campus 19 estações passivas para fins puramente acadêmicos: FECIV01, FECIV02, FECIV03, FECIV04, FECIV05, FECIV07, FECIV08, FECIV13, FECIV10, FECIV11, FECIV12, FECIV14, FECIV15, FECIV16, FECIV17, FECIV18, FECIV19, FECIV20 e IBGE16. Estas estações foram materializadas por meio de chapas metálicas cravadas em solo, com exceção do vértice IBGE16, que compreende uma estação de centragem forçada e materializada sobre um pilar de concreto.

Posteriormente, houve uma pequena densificação da rede com a implantação de quatro estações: CIV01, CIV02, CIV03 e CIV06. Estas também foram materializadas com chapas metálicas cravadas em solo e foram localizadas próximas ao bloco 1Y da FECIV, diferentemente das primeiras estações implantadas que foram distribuídas por todo o campus da universidade. No entanto, em função desta densificação ter sido mais recente, seus dados não foram tabulados junto aos dados do laboratório de topografia da FECIV.

Realizando-se o diagnóstico destas estações, verificou-se que a rede pré-existente sofreu alterações e degradações em função do plano de expansão do campus e pela falta de informação dos servidores e demais membros da comunidade, que arrancavam os marcos implantados mesmo com o aviso de protegido por Lei presente nas placas cravadas sobre os mesmos (Figura 5).



**Figura 5.** Marco da rede GNSS local UFU removido

**Fonte:** CHUERUBIM et. al. (2013).

Constatou-se, após o diagnóstico da rede, que as estações FECIV07, FECIV11, FECIV12, FECIV15, FECIV16 e FECIV18 não foram localizadas. Logo, a rede antiga possuía um *déficit* de

seis estações, que limitavam trabalhos topográficos e geodésicos, bem como dos demais usuários que demandam de informações espaciais.

As estações que foram localizadas e que se encontravam em boas condições de uso foram ocupadas com receptores Promark2 em três épocas distintas e em diferentes intervalos do dia com uma duração de rastreamento de 30 minutos, aplicando-se o método de posicionamento relativo (Figura 6). Adotou-se a altura de 2 metros como padrão para todos os pontos, visando minimizar a influência do multicaminho local.

Os resultados obtidos com o *software* Topcon Tools em SIRGAS2000 estão apresentados na Tabela 1. Para o processamento, consideraram-se as determinações da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – NTGIR (INCRA, 2010) - que recomenda os seguintes parâmetros de qualidade: precisão horizontal menor que 0,1 metros e precisão vertical menor que 0,3 metros para vértices de classe C1. Também se atentou quanto a diluição de precisão em função da geometria dos satélites durante o rastreamento das estações, seguindo as recomendações da NTGIR que recomenda PDOP inferior a 6 para levantamento relativo estático rápido.



**Figura 6.** Estações pré-existent da rede GNSS local UFU.

**Fonte:** Google Earth (2013).

A partir da Tabela 1, observa-se que as precisões verticais foram superiores às precisões horizontais, exceto para as estações IBGE16, FECIV2 e FECIV17. Estas duas últimas estações mantiveram precisões de 0,002m para as três determinações de coordenadas. A estação IBGE16, por sua vez, apresentou precisões de 0,001 para as três componentes também. Este fato conduziu a resultados bastante satisfatórios para a componente vertical, já que de acordo com a literatura, esperam-se precisões superiores para a determinação das altitudes geométricas.

**Tabela 1.** Coordenadas Geodésicas das estações da Rede GNSS local pré-existente da UFU (SIRGAS 2000,4).

Estação	Latitude ( $\phi$ )	$\sigma_{\phi}$ (m)	Longitude ( $\lambda$ )	$\sigma_{\lambda}$ (m)	Altitude	
					Geométrica (h)	$\sigma_h$ (m)
<b>FECIV01</b>	18°55'07,95383"	0,003	48°15'26,11376"	0,003	859,044	0,005
<b>FECIV02</b>	18°55'03,45407"	0,002	48°15'27,01144"	0,002	856,008	0,002
<b>FECIV03</b>	18°55'02,78438"	0,004	48°15'22,73563"	0,004	858,585	0,006
<b>FECIV04</b>	18°55'02,07531"	0,006	48°15'19,56998"	0,006	860,437	0,008
<b>FECIV05</b>	18°55'05,69046"	0,002	48°15'22,30829"	0,002	859,949	0,003
<b>FECIV08</b>	18°55'07,63364"	0,003	48°15'22,23186"	0,004	860,718	0,005
<b>FECIV13</b>	18°55'11,65620"	0,006	48°15'29,86797"	0,006	857,285	0,009
<b>FECIV10</b>	18°55'08,96679"	0,003	48°15'31,27476"	0,003	855,597	0,005
<b>FECIV14</b>	18°55'12,88946"	0,005	48°15'34,50337"	0,006	852,97	0,007
<b>FECIV17</b>	18°55'13,52208"	0,002	48°15'37,41100"	0,002	853,036	0,002
<b>FECIV19</b>	18°55'14,27437"	0,007	48°15'43,28612"	0,007	848,912	0,01
<b>FECIV20</b>	18°55'11,57177"	0,004	48°15'41,61471"	0,004	848,248	0,06
<b>CIV01</b>	18°55'04,82939"	0,003	48°15'18,93879"	0,003	862,098	0,005
<b>CIV02</b>	18°55'07,44485"	0,003	48°15'18,32384"	0,003	864,65	0,005
<b>CIV03</b>	18°55'07,62059"	0,005	48°15'20,33918	0,005	861,903	0,007
<b>CIV06</b>	18°55'02,55437"	0,007	48°15'22,82877"	0,006	858,341	0,009
<b>IBGE16</b>	18°55'01,93676	0,001	48°15'19,47003	0,001	860,51	0,001

Como a estação de referência (MGUB) está localizada dentro do campus da universidade, as estações passivas formaram linhas de base curtas com a base. Desta forma, os processamentos conduziram a resultados confiáveis, com precisões bastante inferiores às precisões limites impostas pela NTGIR.

A fim de verificar as discrepâncias entre os dados coletados em campo e os dados fornecidos pelo Laboratório de Topografia da FECIV, utilizou-se a ferramenta PROGRID, disponibilizada pelo IBGE no endereço [http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm) (Acesso: 03/2013), para converter as coordenadas geodésicas em coordenadas cartesianas. Com esta conversão, foi possível calcular os erros em termos das coordenadas cartesianas tridimensionais, como segue na Tabela 2. No entanto, o Laboratório não possuía registros tabulados de todas as estações, o que culminou na necessidade de se efetuar uma amostragem (aumento do número de rastreios, etc.) de dados para se verificar a confiabilidade da rede.

Observou-se que as estações FECIV05 e FECIV14 apresentaram erros grosseiros, pois além das discrepâncias terem sido maiores nas componentes planimétricas, os erros obtidos foram bastante elevados. Em uma análise em conjunto com os técnicos do laboratório, verificou-se a possibilidade de ter ocorrido uma realocação destes marcos e suas coordenadas não terem sido alteradas nos descritivos da universidade.

As estações FECIV17, FECIV19 e FECIV20, por sua vez, apresentaram as menores discrepâncias, com erros inferiores a 0,06m. Verifica-se que as três estações estão consideravelmente próximas, localizando-se em um local do campus que possui poucas obstruções físicas.

Devido à grande arborização da universidade, os erros presentes nas demais estações podem ter sido acentuados pelos obstáculos impostos à recepção do sinal GPS. Por exemplo, a estação FECIV13 localiza-se sob árvores, fato este que dificultou a obtenção de resultados que atendessem a NTGIR, sendo necessária a reocupação da estação por mais de três vezes.

**Tabela 2.** Discrepâncias entre as coordenadas coletadas em campo e as coordenadas obtidas no Laboratório de Topografia da FECIV.

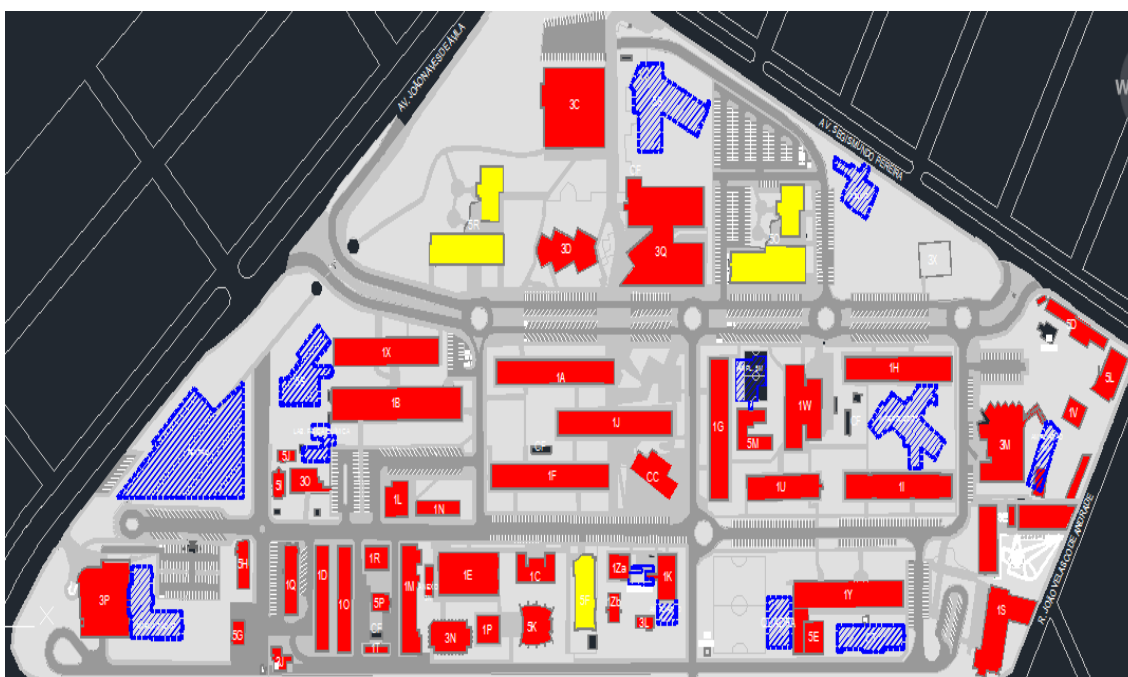
Nome do Ponto	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)
<b>FECIV01</b>	0,570	0,332	0,372
<b>FECIV02</b>	0,189	1,453	4,241
<b>FECIV03</b>	0,553	0,345	0,362
<b>FECIV04</b>	0,570	0,371	0,377
<b>FECIV05</b>	74,350	79,089	35,400
<b>FECIV08</b>	0,538	0,367	0,362
<b>FECIV13</b>	0,655	2,465	4,559
<b>FECIV10</b>	4,761	0,304	6,49

<b>FECIV14</b>	457,756	266,28	259,708
<b>FECIV17</b>	0,045	0,049	0,024
<b>FECIV19</b>	0,050	0,056	0,014
<b>FECIV20</b>	0,047	0,051	0,018
<b>IBGE16</b>	0,681	0,723	0,309

## 5 Implantação da nova rede geodésica

Após o diagnóstico da rede pré-existente e a verificação da necessidade de implantação de novos marcos no campus, buscou-se averiguar situações que pudessem interferir na qualidade da rede em um futuro próximo, como, por exemplo, obras de expansão da universidade.

Assim, foi obtido na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design (FAUeD) da UFU, o mapa de locação do campus (Figura 7). A partir do croqui, foi possível verificar áreas que seriam ocupadas por novas edificações ou áreas com projetos aprovados para serem construídos (estas áreas estão representadas pela cor azul no mapa).



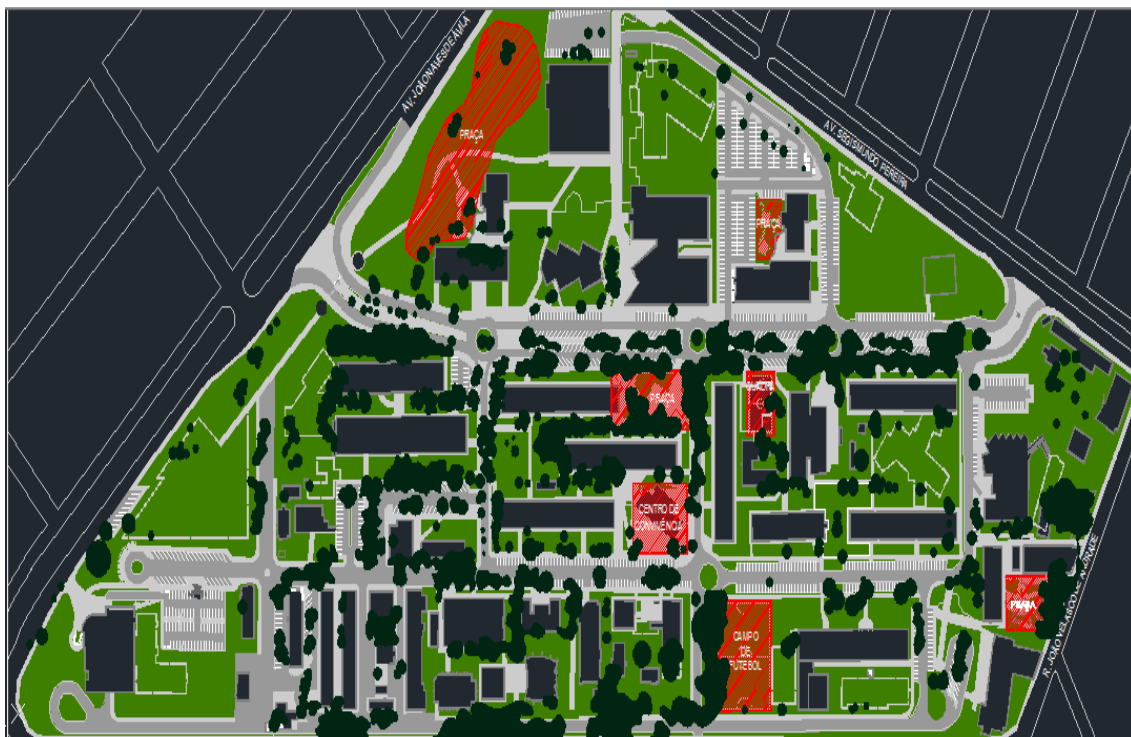
**Figura 7.** Mapa de locação da Universidade Federal de Uberlândia.

**Fonte:** UFU/DIROB (2009a).

Por meio deste recurso, foi possível realizar um planejamento para garantir uma distribuição homogênea e otimizada dos marcos. Desta forma, seguindo os critérios de materialização de estações estabelecidos pelo IBGE, procurou-se evitar locais próximos a árvores e estruturas artificiais, privilegiando áreas estáveis (IBGE, 2008).

Para informações complementares quanto a obstruções de vegetação, utilizou-se o mapa ambiental do campus, também fornecido pela FAUeD (Figura 8).

No entanto, apesar de privilegiar as recomendações do instituto, também foi necessário considerar a necessidade da intervisibilidade das estações, para que fosse possível a realização de levantamentos topográficos. Assim, a formação de poligonais dentro do campus foi um critério substancial para a formação da nova rede.



**Figura 8.** Mapa ambiental da Universidade Federal de Uberlândia.

**Fonte:** UFU/DIROB (2009b).

Logo, a fim de atender critérios geodésicos e/ou topográficos, materializou-se 15 novas estações: CIV31, CIV36, CIV34, CIV25, CIV26, CIV30, CIV21, CIV27, CIV32, CIV33, CIV24, CIV35, CIV20, CIV28 e CIV23. A distribuição dos pontos pode ser visualizada na Figura 9.



**Figura 9.** Estações materializadas no campus.

**Fonte:** Google Earth (2013).

Estas estações foram ocupadas e rastreadas com receptores GPS modelos Promark2 e Promark100. Para o processamento e ajustamento dos dados GPS utilizou-se o programa Topcon tools, versão 8.2, adotando-se para a estimativa das coordenadas e precisões das estações, as mesmas estratégias utilizadas na etapa de diagnóstico da rede local pré-existente. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.

Como já era previsto na literatura, as piores precisões foram observadas para as componentes altimétricas das estações, atingindo magnitudes de 0,002 a 0,011, enquanto que para a componente planimétrica os valores foram em torno de 0,002 a 0,008. No entanto, ambas as precisões foram da ordem milimétrica, com exceção dos resultados obtidos para a estação FECIV21, o que implica que a confiabilidade das coordenadas obtidas é satisfatória.

**Tabela 3.** Coordenadas Geodésicas das estações da nova Rede GNSS local da UFU (SIRGAS 2000,4).

Estação	Latitude ( $\phi$ )	$\sigma_{\phi}$ (m)	Longitude ( $\lambda$ )	$\sigma_{\lambda}$ (m)	Altitude Geométrica (h)	$\sigma_h$ (m)
CIV31	18°55'10,39076"S	0,006	48°15'35,11770"W	0,005	852,666	0,007
CIV36	18°55'10,40468"S	0,005	48°15'35,09544"W	0,005	852,665	0,007
CIV34	18°55'08,51984"S	0,004	48°15'35,41950"W	0,005	852,649	0,006
CIV25	18°55'05,38394"S	0,003	48°15'35,13880"W	0,003	847,633	0,004
CIV26	18°55'04,26325"S	0,002	48°15'36,36419"W	0,002	848,243	0,002
CIV30	18°55'08,50085"S	0,004	48°15'25,86916"W	0,004	859,342	0,006
CIV21	18°55'07,08753"S	0,008	48°15'32,53479"W	0,008	851,333	0,011
CIV27	18°55'04,82509"S	0,004	48°15'31,62150"W	0,004	852,125	0,005
CIV32	18°55'03,67376"S	0,003	48°15'34,75339"W	0,003	846,276	0,005
CIV33	18°55'02,64201"S	0,002	48°15'33,81141"W	0,002	847,013	0,002
CIV24	18°55'04,81968"S	0,005	48°15'34,07545"W	0,004	849,156	0,006
CIV35	18°55'09,89404"S	0,002	48°15'19,66761"W	0,002	863,326	0,002
CIV20	18°55'02,03563"S	0,002	48°15'32,28608"W	0,002	849,209	0,002
CIV28	18°55'03,87220"S	0,006	48°15'29,18390"W	0,005	854,547	0,008
CIV23	18°54'58,79625"S	0,002	48°15'30,10484"W	0,002	848,232	0,002

## 6 Resultados

Após o rastreamento das estações da rede pré-existente e do processo de materialização e densificação da rede GNSS local da UFU com as novas estações, foi possível realizar o processo de integração das redes por meio das estações de conexão (estações antigas e estação de controle – MGUB). Como resultado, o campus Santa Mônica da UFU apresenta atualmente uma rede GNSS passiva composta por 32 estações distribuídas por toda a área da universidade.

O resultado final do projeto pode ser visualizado na Figura 10.





**Figura 10.** Rede GNSS local UFU.

**Fonte:** Google Earth (2013).

Como dito anteriormente, houve a necessidade da implantação de estações em regiões com vegetação densa para que a intervisibilidade das estações fosse possível, ou seja, para que as mesmas pudessem ser utilizadas em trabalhos topográficos..

## **7 Conclusão e considerações finais**

A partir da realização deste projeto, constatou-se a deficiência da rede GNSS local da UFU, campus Santa Mônica. A expansão do campus e a degradação de alguns marcos (desgaste natural, vandalismo, etc.), culminaram na necessidade da realização de um diagnóstico da situação da rede GNSS local presente na universidade, já que estes marcos são substanciais para o desenvolvimentos de aulas práticas de diversos cursos, bem como à inúmeras atividades de pesquisa e extensão.

Com base nos estudos e experimentos realizados, verificou-se que 17 estações da rede pré-existente estavam em bom estado de conservação e poderiam ser utilizadas no processo de integração da nova rede. Nesta perspectiva, foram implantadas mais 15 estações que foram integradas à rede antiga por meio da reocupação destas e vinculadas ao SGB com a utilização da

estação MGUB pertencentes a RBMC. Nesta etapa, atentou-se para possíveis fatos que pudessem interferir na qualidade da mesma, como obras e arborização do campus e eventuais alterações no plano diretor do campus.

Para garantir a confiabilidade dos resultados, foram utilizados critérios recomendados pela NTGIR e pelo IBGE. Logo, a rede GNSS local da UFU cumpre as exigências das normas e leis vigentes e encontra-se vinculada ao SGB, podendo servir de suporte às pesquisas, atividades de ensino e extensão, bem como à todos os usuários que necessitarem de informações espaciais confiáveis.

### **Agradecimento**

Agradecimentos especiais a Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia, campus Santa Mônica, por ter fornecido os equipamentos necessários à realização deste trabalho, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP) da UFU pela aprovação do Projeto de Pesquisa junto Edital N° 004/2012 e pelos recursos financeiros destinados ao desenvolvimento desta pesquisa junto ao Edital, N° 004/2012.

### **Referências**

AUTORES. **Imagens do rastreo da rede GNSS local da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica.** Uberlândia: UFU/FECIV, 2013.

CHUERUBIM, M. L.; GOMES, P.; PIRES, A.; SILVA, L. A.; MATOS, S. C. Diagnóstico preliminar da Rede GNSS local da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica: realidade atual e perspectivas futuras no contexto das ciências geodésicas. In: **XVI SBSR – Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** 13 a 18 de abril de 2013. Foz do Iguaçu-PR.

Comissão do uso do espaço físico da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica – Gestão 2009. **Diagnóstico do uso do espaço físico da UFU: Mapa de Obras. Coord. Elaine Saraiva - DIROB.** Colaboração: Plínio e Lucianne. Uberlândia: UFU/DIROB (2009a).

Comissão do uso do espaço físico da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica – Gestão 2009. **Diagnóstico do uso do espaço físico da UFU: Mapa de Obras. Coord. Elaine Saraiva – DIROB: Mapa Ambiental.** Colaboração: Plínio e Lucianne. Uberlândia: UFU/DIROB (2009b).

GEMAEL, C. **Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas**. Curitiba: Ed. UFPR, 1984. 319p.

**Google Earth**. 2012. Imagens GEOEYE da rede GNSS local da UFU, campus Santa Mônica, localiza na cidade de Uberlândia-MG referentes ao ano de 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Resolução - PR n° 22, de 21-07-83**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Padronização de marcos geodésicos**. Diretoria de Geociências (DGC) e Coordenação de Geodésia (CGED). Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. 2ª edição. Fevereiro, 2010.

LEICK, A. **GPS satellite surveying**. 3.ed. United States: John Wiley, 2004. 435p.

Marini, M. C. 2002. Integração da Rede GPS ITESP ao Sistema Geodésico Brasileiro. Dissertação de Mestrado em Ciências Cartográficas, 146p. Faculdade de Ciência e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, São Paulo.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: UNESP, 2008. 476p.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: foundations, methods, and applications**. Berlin; New York: de Gruyter, 2003. 589p.