



ARNALDO ANTÔNIO DE MELO JÚNIOR

**CORREÇÃO DE DISCREPÂNCIA DE COORDENADAS UTM OBTIDAS POR
APARELHO DE GNSS DE NAVEGAÇÃO E GOOGLE EARTH EM
LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS**

BAMBUÍ - MG

2019

ARNALDO ANTÔNIO DE MELO JÚNIOR

**CORREÇÃO DE DISCREPÂNCIA DE COORDENADAS UTM OBTIDAS POR
APARELHO DE GNSS DE NAVEGAÇÃO E GOOGLE EARTH EM
LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *campus* Bambuí, como requisito parcial para a obtenção do grau de Agrônomo.

Orientador: Prof. Dsc. Marco Antônio do Carmo

BAMBUÍ - MG

2019

ARNALDO ANTÔNIO DE MELO JÚNIOR

**CORREÇÃO DE DISCREPÂNCIA DE COORDENADAS UTM OBTIDAS POR
APARELHO DE GNSS DE NAVEGAÇÃO E GOOGLE EARTH EM
LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *campus* Bambuí, como requisito parcial para a obtenção do grau de Agrônomo.

Aprovado em ____/_____/____.

Prof. Dsc. Marco Antônio do Carmo (Orientador IFMG - *campus* Bambuí)

Prof. Dsc. Vladimir Antônio Silva (IFMG - *campus* Bambuí)

Prof. Msc. Matheus Campus Mattioli (IFMG - *campus* Bambuí)

**BAMBUÍ – MG
2019**

M528c Melo Júnior, Arnaldo Antônio de.
2019 Correção de discrepância de coordenadas UTM obtidas
por
aparelho de GNSS de navegação e Google Earth em levantamentos
planimétricos. / Arnaldo Antônio de Melo Júnior. – Bambuí, 2019.

41 f. : il.

Orientador: Marco Antônio do Carmo.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)
– Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais. Campus Bambuí.

1. Georeferenciamento. I. Carmo, Marco Antônio do (orientador).
II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais - Campus Bambuí. III. Título.

CDD: 630

Aos meus pais Arnaldo Melo e Maria Auxiliadora por todo amor, apoio e por acreditarem em meus sonhos. A minha irmã Amanda pelos momentos compartilhados e ao meu afilhado José Arnaldo, por me mostrar o lado criança da vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, pela vida, pela capacidade e oportunidade de estar realizando este trabalho e curso, pois sempre foi meu sonho. À Nossa Senhora Aparecida pela intercessão a DEUS, e todos os seus sinais durante o decorrer desta jornada, agradeço imensamente ao nosso PAI.

Agradeço à minha mãe Maria Auxiliadora e ao meu pai Arnaldo Antônio, pela luta para me manter firme em busca deste sonho e pelos seus exemplos. À TODA a minha família, pelo o apoio, incentivo e por acreditar em mim.

Agradeço ao meu professor orientador, Marco Antônio, pela oportunidade de trabalho, por todo conhecimento compartilhado que levarei para toda vida, pelos seus exemplos, conselhos, amizade e profissionalismo.

Agradeço ao IFMG-Bambuí, a todos os PROFESSORES, TÉCNICOS e FUNCIONÁRIOS TERCEIRIZADOS, os quais contribuíram de maneira muito expressiva para minha formação.

Quero agradecer a todos presentes aqui hoje, aos avaliadores, colaboradores e os que dedicaram um pouco de seu tempo para prestigiar esta apresentação.

“Tudo posso naquele que me fortalece”

(Filipenses 4:13)

RESUMO

MELO JÚNIOR, Arnaldo Antônio de. **Correção de discrepância de coordenadas UTM obtidas por aparelho de GNSS de navegação e Google Earth em levantamentos planimétricos.** Bambuí: IFMG *campus* Bambuí, 2019.42 p.

Constatou-se um aumento na utilização dos métodos de posicionamentos por Sistemas Globais de Navegação por Satélite “Global Navigation Satellite Systems” (GNSS), os receptores possuem funções de acordo com sua precisão, sendo eles de navegação ou levantamentos planimétricos, possibilitando ao usuário obter um sistema de coordenadas. O Google disponibiliza gratuitamente o Google Earth que é um visualizador geoespacial, quer fornece dados, os quais possibilita fazer levantamentos planimétricos. Nesse trabalho foi realizado georreferenciamento com três tecnologias distintas e coletados as coordenadas em UTM, comparando a medida das áreas, tento com intuito avaliar e corrigir a precisão do receptor GNSS de navegação, em relação as imagens obtidas através do Google Earth, quanto a qualidade do posicionamento, tendo como referência o levantamento obtido pelo GNSS Geodésico. O que se deseja é facilitar e otimizar o custo no levantamento para que o produtor rural tenha um levantamento de boa qualidade, dando a oportunidade de planejar e estipular os custos com insumos em sua propriedade. Para avaliar os métodos de georreferenciamento, foram medidas quatro áreas no Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Bambuí (IFMG *campus* Bambuí) com equipamento Receptor GARMIN GPSMA 64, Receptor Geodésico TRIMBLE NET R9 e pelo aplicativo Google Earth. Com o resultado obtido através dos dados coletados para avaliações, dos três métodos de levantamento planimétrico, pode-se observar que o levantamento feito com o Google Earth foi mais preciso que o GNSS de Navegação quando comparado ao GNSS Geodésico que possui erro milimétrico.

Palavras-chaves: GPS. Sobreposição de Área. Georeferenciamento.

ABSTRACT

MELO JÚNIOR, Arnaldo Antônio de. **UTM coordinate discrepancy correction obtained by GNSS navigation device and Google Earth in planimetric surveys.** Bambuí: IFMG campus Bambuí, 2019.42 p.

Recently there has been a significant increase by positioning methods based on “Global Navigation Satellite Systems” (GNSS), used as reference for navigation and planimetric survey, since all GNSS applications are related to the coordinate systems used. Google Earth, in turn, is a free geospatial viewer based on web and maintained by Google. In this work, three methods for georeferencing were compared through different technologies; for obtaining spatial data and to determine measurements of enclosed polygonal areas; to evaluate and correct the accuracy of geographic elevation between a Garmin GNSS navigation receiver in relation to orbital images framed through the Google Earth app for positioning quality; taking as reference the survey made by GNSS Geodetic. The use of modern technologies is no guarantee of accuracy, because, for the methods and equipment used here, the desired was to enable a method with simple tools that are available to the farmer, for analysis, planning and management of the farm. To evaluate georeferencing methods, four areas were measured at the Federal Institute of Minas Gerais, Bambuí campus (IFMG Bambuí campus) using GARMIN GPSMA 64 receiver equipment, TRIMBLE NET R9 geodetic receiver and Google Earth application. With the result obtained from the data collected in the three planimetric survey methods, it could be observed that the survey made with Google Earth was more accurate than the GNSS Navigation compared to Geodetic GNSS, which has millimeter error.

Keywords: GPS. Area Overlay. Georeferencing.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Funcionamento do sistema GNSS	13
3.2	Funcionamento do Google Earth	14
3.3	Sistema de coordenadas UTM.....	15
4	MATERIAI E MÉTODOS	17
4.1	Características dos equipamentos.....	17
4.2	Áreas georreferenciadas	17
4.3	Análise estatística	20
4.3.1	Análise de precisão.....	20
4.3.2	Análise de tendências	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1	Coordenadas coletadas.....	23
5.2	Desenho de sobreposição das áreas sem correção das coordenadas.....	24
5.2.1	GNSS de Navegação.....	24
5.2.2	Google Earth.....	27
5.3	Análise estatística	29
5.3.1	Análise da precisão.....	29
5.3.2	Análise de tendências.....	30
5.3.3	Correção de tendência	31
5.4	Coordenadas corrigidas	31
5.5	Desenho de sobreposição das áreas com coordenadas corrigidas.....	32
5.5.1	GNSS de Navegação.....	32
5.5.2	Google Earth.....	34
5.6	Quadro de áreas dos terrenos.....	37
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

A Planimetria é a parte da topografia que estuda os métodos e procedimentos para representação do terreno, não sendo representado o relevo. Escolhendo uma escala adequada, todos os pontos escolhidos são projetados ortogonalmente sobre um plano (COELHO JÚNIOR; ROLIM NETO; ANDRADE, 2014).

Com o apoio da planimetria é possível desenvolver diversas atividades no meio agrícola, desde as mais simples como delimitar áreas para serem subdivididas com o objetivo de aprimorar o manejo, realizar medições de áreas para futuro cálculo de insumos agrícolas e até práticas mais complexas como mapas para registro legal ou ambiental rural.

No levantamento planimétrico podem ser empregados vários instrumentos, desde os mais simples até os mais complexos, com precisão que varia conforme o aparelho utilizado, sendo tradicionalmente utilizados, o teodolito e estação total, que são aparelhos que demandam muita mão-de-obra técnica na coleta de dados no campo. Recentemente surgiram os aparelho receptores GNSS, que reduzem de forma considerável a mão de obra para a coleta de dados e aumentam sensivelmente a qualidade do produto final ou seja o mapa planimétrico.

Os sistemas globais de Navegação por Satélite (GNSS) são formadas por constelações de satélites, assim fornecendo dados a um receptor, determinando as coordenadas na superfície terrestre, ou seja, a latitude (norte, sul) e longitude (leste, oeste) de pontos de interesse. As coordenadas podem ser geodésicas, onde estas são representadas em graus, minutos e segundos, já as coordenadas UTM são representadas utilizando projeções do globo em grade. Utilizando diferentes zonas, as coordenadas passam a ser representadas em metros.

Alguns receptores GNSS não fornecem dados precisos, apresentado uma série de informações não confiáveis, estas informações comprometidas geram dúvidas sobre qualidades dos estudos, causando sobreposições de mapas e erros nas áreas levantadas.

Os receptores GNSS podem ser classificados como Navegação, topográficos e Geodésicos, dependendo da sua precisão. Os receptores de navegação têm precisão aproximada de 10 metros e são utilizados principalmente para localização instantânea e navegação automotiva. Os receptores topográficos têm precisão normalmente abaixo de 3 metros, podendo chegar a precisão submétrica, se os dados forem processados usando bases fixas de coordenadas conhecidas. São utilizados para diversos fins como mapeamento, saneamento, cadastramento urbano etc. Os receptores geodésicos por sua vez têm precisão centimétrica quando é feito o pós-processamento de dados, e são utilizados para obras, levantamentos topográficos,

georreferenciamento de imóveis rurais e posicionamento de alta precisão (SANTIAGO & CINTRA, 2018).

Embora o GNSS de navegação tenha limitações de precisão para uso em levantamentos planimétricos, e não seja esta a sua finalidade, seu uso tem sido bastante difundido, diversos profissionais tem feito o uso desta tecnologia para identificação, determinação de áreas e desenvolvimento de projetos, tanto no meio urbano como rural.

Uma ferramenta simples, com tecnologia que vem sendo difundida entre os profissionais, por ser disponibilizada gratuitamente pelo Google, o Google Earth que fornece tanto coordenadas geodésicas, quanto coordenadas UTM por meio de imagens da superfície terrestre.

No entanto o uso do GNSS de navegação e o Google Earth sem se conhecer exatamente sua precisão comparados a um padrão (GNSS Geodésico), podem gerar erros que comprometem a confiabilidades dos resultados em levantamentos planimétricos.

Neste sentido, torna-se imprescindível a comparação entre os três dispositivos determinando as discrepâncias entre os três métodos/aparelhos, considerando o GNSS geodésico como padrão, analisando a possibilidade de correção das coordenadas UTM obtidas pelo GNSS de navegação e Google Earth, podendo viabilizar o uso dessas duas tecnologias em levantamentos planimétricos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo realizar a avaliação técnica das discrepâncias das coordenadas UTM georreferenciadas, obtidas através do Google Earth e GNSS de navegação, comparando-as com aquelas obtidas via GNSS geodésico em áreas levantadas no IFMG *campus* Bambuí.

2.2 Objetivos específicos

Determinar discrepâncias entre coordenadas UTM coletadas em quatro áreas nas dependências do IFMG *campus* Bambuí, através do receptor GNSS GARMIN GPSMA 64, e também via aplicativo Google Earth;

Corrigir estaticamente as coordenadas obtidas via GNSS de navegação e aplicativo Google Earth;

Gerar mapas sobrepostos das quatro áreas gerados pelas três tecnologias, sendo estes gerados pelas coordenadas originais e corrigidas dos levantamentos planimétricos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Funcionamento do sistema GNSS

Os “Global Navigation Satellite Systems” Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) são constelações de satélites que disponibilizam sinais há um receptor dos usuários, dispondo coordenadas de posicionamento e dados sobre a navegação e o tempo, assim concluindo.

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América DoD “Department of Defens” desenvolveu o sistema de GNSS com o objetivo de auxiliar as forças armadas americanas, porem suas coordenadas possuíam altos rigores (NASSER, 2016).

Devido ao alto nível de tecnologia despertou-se interesse da comunidade, então foram criados receptores geodésicos e de navegação, utilizados para diversas finalidades, para o meio civil, agrícola, meio ambientes e todas as atividades que necessitam de posicionamento e levantamentos planimétrico, aos quais foram beneficiadas.

A determinação da localização da superfície terrestre pelo sistema de GNSS ocorre pelos sinais emitidos pela constelação de satélites artificiais em órbita ao redor do planeta terra. O conjunto de parâmetros descrevem o posicionamento atual e, logo é possível para os receptores definirem o posicionamento do satélite que a transmitiu.

São necessários no mínimo três satélites para determinação da localização de um usuário, na superfície terrestre podendo se orientar, tendo disponível, latitude, longitude e altitude, dentro do diagrama de radiação da antena receptora. Com o quarto satélite obtém-se informações de tempo do receptor, assim sendo possível calcular velocidade de locomoção, aceleração e direção de deslocamento, a partir de medições sequenciais (RODRIGUES, 2011).

O Segmento Espacial fundamenta-se de 24 satélites ativos, distribuídos em 6 órbitas elípticas, cujos planos orbitais são inclinados 55° em relação a linha do equador e espaçados longitudinalmente em 60° . Em cada órbita viajam 4 satélites, com defasagem de 90° ao longo da órbita, a uma altitude de 20.200 km e período orbital de 12 horas siderais, que corresponde a aproximadamente 11h:58 minutos do tempo solar médio. A velocidade tangencial do satélite é de aproximadamente 14.000 km/h. Nesse movimento a posição dos satélites se repete a cada dia, 4 minutos antes da passagem do dia anterior. Essa configuração da constelação dos satélites garante que, no mínimo 4 satélites sejam visíveis, 24 horas por dia, em qualquer ponto da superfície terrestre (NASSER, 2016). Assim é possível calcular as coordenadas GNSS do receptor em terra conhecendo as coordenadas dos satélites.

O posicionamento GNSS, possui dois métodos mais utilizados, o Posicionamento Relativo mais eficaz e o Posicionamento por Ponto que apresenta menor precisão, porém se torna preciso quando é feita a correção dos relógios dos satélites, caracterizando assim o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) (MONICO, 2008).

O posicionamento por ponto simples (PPS) é derivado do código C/A “Coarse Acquisition Code” aplicado na portadora L1, que consiste em disponibilizando coordenadas instantâneas ao receptor (NASSER, 2016).

O posicionamento por ponto absoluto (PPA), permite que o GNSS tendo sua aplicação principal do receptor. É o método mais utilizado nas pseudodistâncias derivadas do código C/A, bem como para determinação das coordenadas dos satélites (NASSER, 2016). As coordenadas são obtidas através das distâncias entre o satélite e o receptor, as quais são determinadas pelos receptores ao direcionar o tempo de propagação do sinal pela velocidade, estando coerente aos tipos de DATUM a serem utilizadas para determinação das coordenadas (MONICO, 2013).

3.2 Funcionamento do Google Earth

O Google Earth é um programa computacional disponibilizado pela Google, permitindo que os usuários tenham acesso a informações geoespaciais, facilitando as medições de áreas, fornecendo imagens, relevos e altitudes. As imagens não são disponíveis em tempo real, porém são atualizadas frequentemente e a resolução fica em média 15 metros do local almejado (SILVA; NAZARENO, 2009).

O Google Earth não possui todos os funcionamentos complexos dos Sistema de Informação Geográfica (SIG), porém as ferramentas disponíveis é de fácil utilização e análises (TOSTO *et al.*, 2014).

Por ser uma ferramenta de geoprocessamento gratuita e fácil de ser utilizada seja qual for os fins, esta alcança diferentes públicos, desde o cidadão simples até usuários avançados por fornecer ao uso de sistemas de informações tridimensionais do globo terrestre. Esse conjunto de fatores torna suas imagens bastante difundidas, porém o que não é tão difundido assim são os níveis de precisão que o programa oferece, pois eles não percebem que por detrás das imagens podem passar despercebidos erros que estão sendo desprezados, podendo trazer sérias consequências quando utilizados em projetos cartográficos, sobreposição de áreas (OLIVEIRA, 2013).

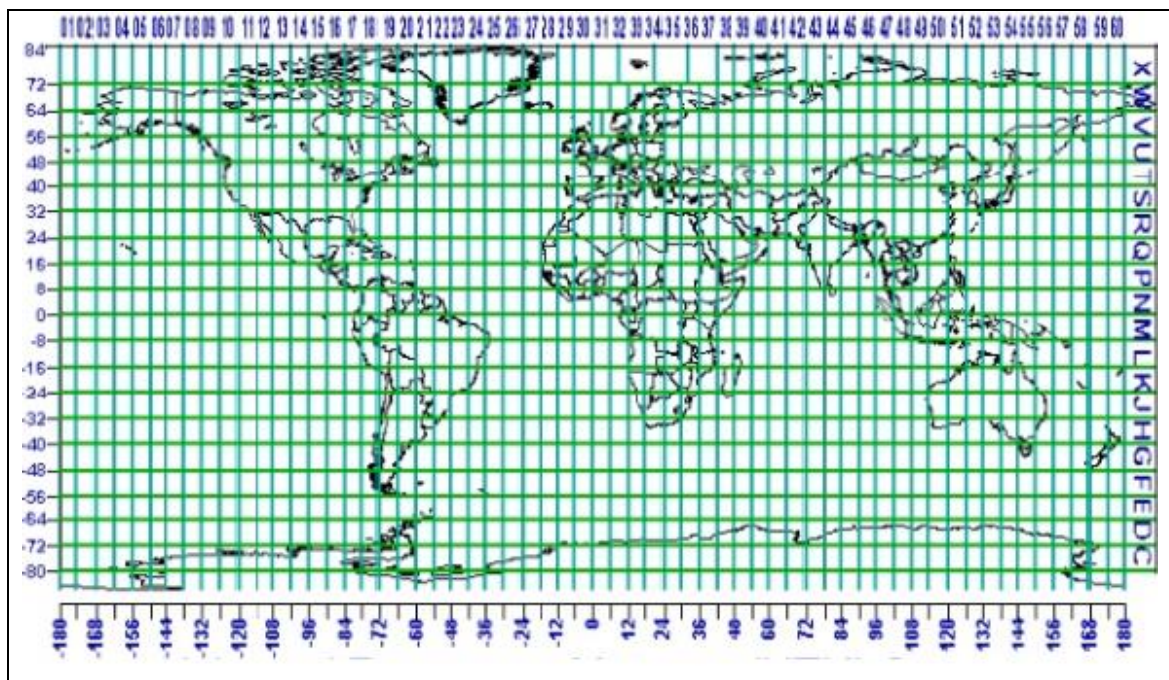
3.3 Sistema de coordenadas UTM

A projeções cartográficas tem como objetivos adotar modelo matemático, para que possam projetar todos os elementos da superfície terrestre determinando latitude e longitude. De acordo com o objetivo pretendido, é utilizada um tipo de projeção, a qual confere maior rigor na representação espacial. Assim, o principal objetivo é diminuir as imperfeições dos mapas/levantamentos, sejam nas escalas, ou nos ângulos apresentados (ROSA,2013).

A projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) são cilindros posicionados transversalmente em relação ao eixo de rotação da terra, onde se divide em 60 fusos de 6° de longitude, numerados a partir do antimeridiano de Greenwich, seguindo de oeste para leste (NASSER, 2016).

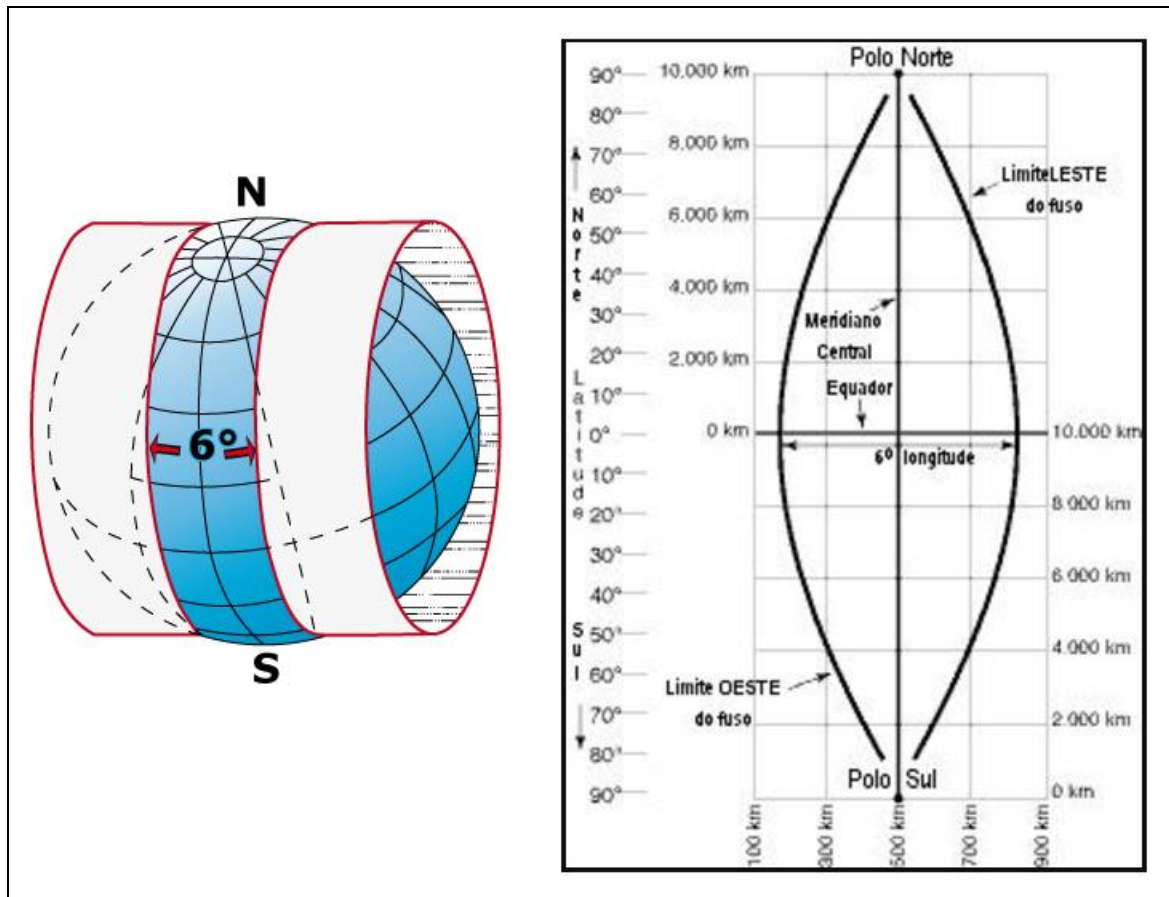
Verticalmente as latitudes são divididas de 8° em 8°, a partir do equador, para Norte e para Sul, sendo a última divisão de 12°. Estas divisões de latitude são identificadas por letras, iniciando-se pela letra C, no extremo Sul e finalizando pela letra X no extremo Norte (NASSER, 2016).

Figura 1 - Zonas de UTM



Fonte: Dana (1994).

Figura 2 - Fuso do sistema UTM



Fonte: Google (2019)

Cada fuso apresenta um único sistema plano de coordenadas, com valores que se repetem em os fusos. Para localizar um ponto definido pelo sistema UTM, é primordial conhecer, além dos valores das coordenadas, o fuso pertencente a sua região, uma vez que as coordenadas são idênticas em todos os fusos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características dos equipamentos

Foi utilizado para a coleta dos dados os aparelhos receptores Geodésico TRIMBLE NET R9, GNSS de Navegação GARMIN GPSMA 64 e aplicativo Google Earth Pro. Foram coletadas as coordenadas de quatro áreas no IFMG *campus* Bambuí, totalizando vinte pontos.

Os dados levantados pelo aparelho receptor geodésico foram obtidos através do mapa do IFMG *campus* Bambuí, georreferenciado em 2018.

Os dados levantados pelo receptor GNSS geodésico tiveram como Datum o SIRGAS 2000, o receptor GNSS de navegação e Google Earth foram configurado com DATUM WGS84.

A diferença nos Datums não causará problema na visualização dos dados, pois os parâmetros de transformação entre SIRGAS2000 e WGS84 são praticamente iguais, ou seja, $DX = 0$, $DY = 0$ e $DZ = 0$.

A estação base do receptor geodésico foi materializada dentro do IFMG *campus* Bambuí, e teve sua coordenada corrigida pelo Posicionamento por Ponto Preciso disponibilizado pelo IBGE:

- ✓ Com os dois receptores e o aplicativo Google Earth foi realizada uma leitura por ponto, nas extremidades das áreas, acompanhado as limitações das cercas e as curvaturas;
- ✓ O Software AUTOCAD foi utilizado para geração dos mapas e posterior sobreposição dos mesmos, melhor ilustrando a discrepância entre as áreas geradas pelas diferentes tecnologias;
- ✓ Excel – Planilha eletrônica desenvolvida pela Microsoft, que foi utilizada para auxiliar nos cálculos estatísticos.

4.2 Áreas georreferenciadas

Os georreferenciamentos foram realizados em quatro áreas do IFMG *campus* Bambuí. As Figuras de 3 a 6 apresentam essas áreas.

Figura 3- Área de Apicultura do IFMG *campus* Bambuí.

Fonte: Google Earth (2019).

Figura 4 - Área da Equideocultura do IFMG *campus* Bambuí.

Fonte: Google Earth (2019).

Figura 5- Área de Bovinocultura do IFMG *campus* Bambuí.

Fonte: Google Earth (2019).

Figura 6- Área do Centro de Convenções do IFMG *campus* Bambuí.

Fonte: Google Earth (2019).

4.3 Análise estatística

O trabalho analisou a precisão e a existência de tendência geométrica das coordenadas coletadas. A análise de tendência foi feita a partir do teste t-Student e a análise de precisão baseada na distribuição qui-quadrado. Foram calculadas as diferenças entre cada uma das coordenadas originando-se o valor das discrepâncias na coordenada E e na N (Equação 1):

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{GNSS\ RTK} - E_{GPS\ nav} & e & \quad \Delta N = N_{GNSS\ RTK} - N_{GPS\ nav} \\ \Delta E &= E_{GNSS\ RTK} - E_{GOOGLE\ EARTH} & e & \quad \Delta N = N_{GNSS\ RTK} - N_{GOOGLE\ EARTH} \end{aligned} \quad (1)$$

Onde: ΔE & ΔN discrepâncias;
E GOOGLE EARTH; *NGOOGLE EARTH* coordenadas obtida por Google Earth;
E GPS nav; *NGPS nav* coordenadas obtida por GPS de navegação;
E GNSS RTK; *N GNSS RTK* coordenadas obtida por aparelho receptor GNSS RTK.

Logo após foi calculada a média e o desvio-padrão das discrepâncias. A média das discrepâncias foi calculada a partir da Equação 2:

$$\bar{\Delta E} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E}{n} \quad e \quad \bar{\Delta N} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta N}{n} \quad (2)$$

Onde: $\bar{\Delta E}$ e $\bar{\Delta N}$ são as discrepâncias médias calculadas pelos pontos. O desvio-padrão da média das discrepâncias foi calculado utilizando a Equação 3:

$$\hat{\sigma}_{\Delta E} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta E - \bar{\Delta E})^2}{n(n-1)}} \quad e \quad \hat{\sigma}_{\Delta N} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta N - \bar{\Delta N})^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

4.3.1 Análise de precisão

Para a análise de precisão é preciso obter o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico) e o EP (Erro Padrão), conforme os valores adotados no Brasil (Decreto-lei N° 89.817/84) para cada classe. Na Tabela 01 estes valores estão calculados para a escala 1:5.000.

Tabela 1 - Valores do PEC e EP para escala 1:5000

Classe	PEC	EP (na escala da carta)	EP (no terreno)
A	0,5 m	0,3 mm	1,5 m
B	0,8 m	0,5 mm	2,5 m
C	1,0 m	0,6 mm	3,0 m

Fonte: Decreto – Lei nº 89.817/84.

A precisão foi verificada comparando-se o desvio-padrão das discrepâncias com o Erro Padrão (EP) esperado para a classe.

Portanto o teste de hipótese a ser comprovado foi seguinte:

$$H_0: \begin{matrix} \hat{\sigma}_{\Delta E} = \sigma \\ e \\ \hat{\sigma}_{\Delta N} = \sigma \end{matrix} \quad \text{versus} \quad H_1: \begin{matrix} \hat{\sigma}_{\Delta E} > \sigma \\ e \\ \hat{\sigma}_{\Delta N} > \sigma \end{matrix}$$

Onde o termo σ é o desvio padrão esperado, que é calculado pela Equação 4:

$$\sigma = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Para que a hipótese H_0 contra H_1 fosse testada foi calculado um qui-quadrado amostral e logo após comparando este, com o valor teórico obtido através da distribuição de probabilidade do qui-quadrado (χ^2).

O valor teórico é obtido em tabelas próprias, onde o grau de liberdade utilizado como argumento é ($U = n-1$) e o nível de confiança ($1-\alpha$).

No presente trabalho o grau de liberdade utilizado foi $U = 20-1$ e o nível de confiança. ($1-\alpha$) = 90%. Em seguida foi aplicado o teste qui-quadrado amostral utilizando a Equação 5

$$\hat{X}^2_{\Delta E} = \frac{\hat{\sigma}_{\Delta E}}{\sigma^2} (n-1) \quad e \quad \hat{X}^2_{\Delta N} = \frac{\hat{\sigma}_{\Delta N}}{\sigma^2} (n-1) \quad (5)$$

Logo após foi verificado se o valor calculado acima está no intervalo de aceitação, ou seja:

$$\hat{X}^2_{\Delta E} \leq X^2_{\frac{U=n-1}{1-\alpha}} \quad e \quad \hat{X}^2_{\Delta N} \leq X^2_{\frac{U=n-1}{1-\alpha}}$$

Após testar a equação foi possível relatar em quais classes estão inseridas as coordenadas coletadas no IFMG Campus Bambuí.

4.3.2 *Análise de tendências*

Nesta análise de tendências foi verificado se a média das discrepâncias pode ser considerada igual a zero. Então as hipóteses a serem avaliadas são as seguintes:

$$H_0: \begin{array}{l} \overline{\Delta E} = 0 \\ e \\ \overline{\Delta N} = 0 \end{array} \text{ versus } H_1: \begin{array}{l} \overline{\Delta E} \neq 0 \\ e \\ \overline{\Delta N} \neq 0 \end{array}$$

Para esta análise foi utilizada a distribuição de probabilidade t de Student, onde é calculado um t amostral contra um valor teórico obtido em tabela, de referência com graus de liberdade $\nu = n-1$ e nível de confiança igual a $1-\alpha/2$. A estatística amostral t foi calculada através da seguinte equação Equação 6:

$$\hat{t}_{\Delta E}^2 = \frac{\overline{\Delta E}}{\hat{\sigma}_{\Delta E}} \sqrt{n} \quad e \quad \hat{t}_{\Delta N}^2 = \frac{\overline{\Delta N}}{\hat{\sigma}_{\Delta N}} \sqrt{n} \quad (6)$$

O intervalo de confiança relativo ao teste t de Student analisado foi:

$$\left| \hat{t}_{\Delta E} \right| < t_{1-\alpha/2}^{\nu=n-1} \quad \text{ou} \quad \left| \hat{t}_{\Delta N} \right| < t_{1-\alpha/2}^{\nu=n-1}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Coordenadas coletadas

Abaixo se encontra a Tabela com as coordenadas obtidas nas quatro áreas estudadas.

Tabela 2.

Tabela 2- Coordenadas UTM coletadas

ÁREA	Pontos	GNSS		GNSS GEODÉSICO		GOOGLE EARTH	
		NAVEGAÇÃO		E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
APICULTURA	1	393.789	7.783.683	393.744,402	7.783679,510	393.750	7.783.682
	2	393.791	7.783.630	393.750,147	7.783.586,993	393.751	7.783.591
	3	393.734	7.783.630	393.693,814	7.783.587,248	393.697	7.783.591
	4	393.726	7.783.673	393.666,081	7.783.685,099	393.667	7.783.679
EQUIDOCULTURA	5	394.520	7.784.614	394.478,087	7.784.569,624	394.479	7.784.573
	6	394.592	7.784.572	394.551,807	7.784.526,614	394.554	7.784.531
	7	394.647	7.784.717	394.606,985	7.784.673,135	394.612	7.784.675
	8	394.637	7.784.737	394.593,977	7.784.694,980	394.600	7.784.688
	9	394.620	7.784.752	394.578,620	7.784.707,496	394.574	7.784.706
BOVINOCULTURA	10	393.933	7.783.850	393.890,828	7.783.800,493	393.894	7.783.802
	11	393.903	7.783.903	393.861,330	7.783.870,634	393.862	7.783.877
	12	393.883	7.783.985	393.840,822	7.783.940,767	393.842	7.783.942
	13	393.867	7.784.019	393.824,564	7.783.974,429	393.826	7.783.975
	14	393.801	7.784.086	393.754,406	7.784.042,813	393.763	7.784.041
	15	393.801	7.784.004	393.756,167	7.783.961,972	393.759	7.783.961
	16	393.785	7.783.847	393.742,053	7.783.803,659	393.746	7.783.808
CONVENÇÕES	17	394.498	7.784.743	394.458,035	7.784.702,918	394.460	7.784.703
	18	394.516	7.784.777	394.475,929	7.784.735,106	394.478	7.784.734
	19	394.488	7.784.782	394.452,177	7.784.742,060	394.456	7.784.742
	20	394.472	7.784.771	394.439,293	7.784.718,903	394.443	7.784.719

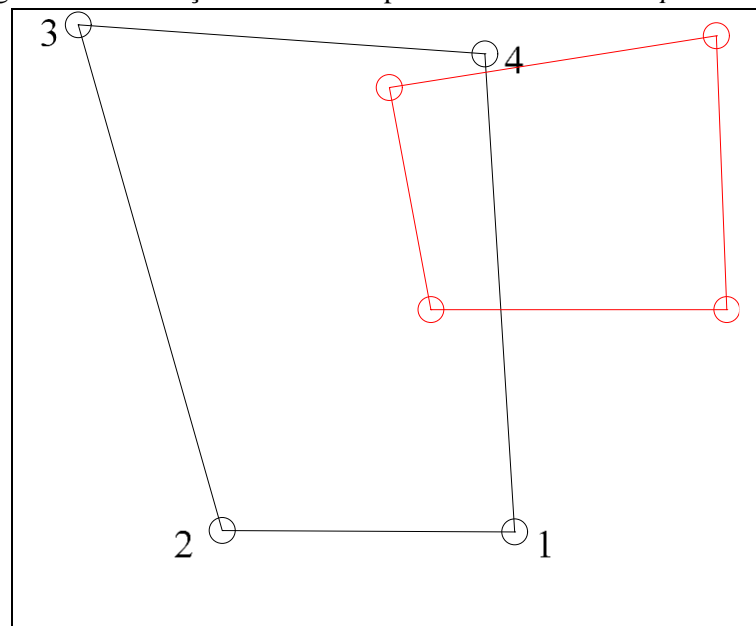
Fonte: O autor (2019).

5.2 Desenho de sobreposição das áreas sem correção das coordenadas

5.2.1 GNSS de Navegação

Nas Figuras 7, 8, 9 e 10 estão amostradas as delimitações das áreas estudadas utilizando GNSS Geodésico e o GNSS Navegação podendo ser notada a variação entre eles.

Figura 7- Delimitação da área de Apicultura do IFMG *campus* Bambuí.



— GNSS Geodésico, — GNSS Navegação
Fonte: O autor (2019).

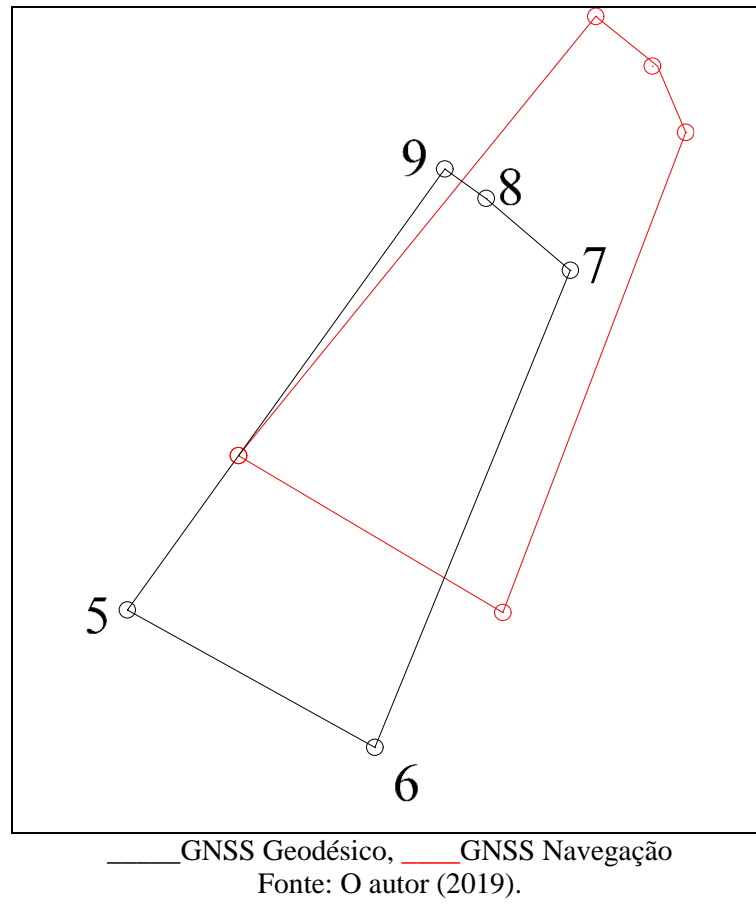
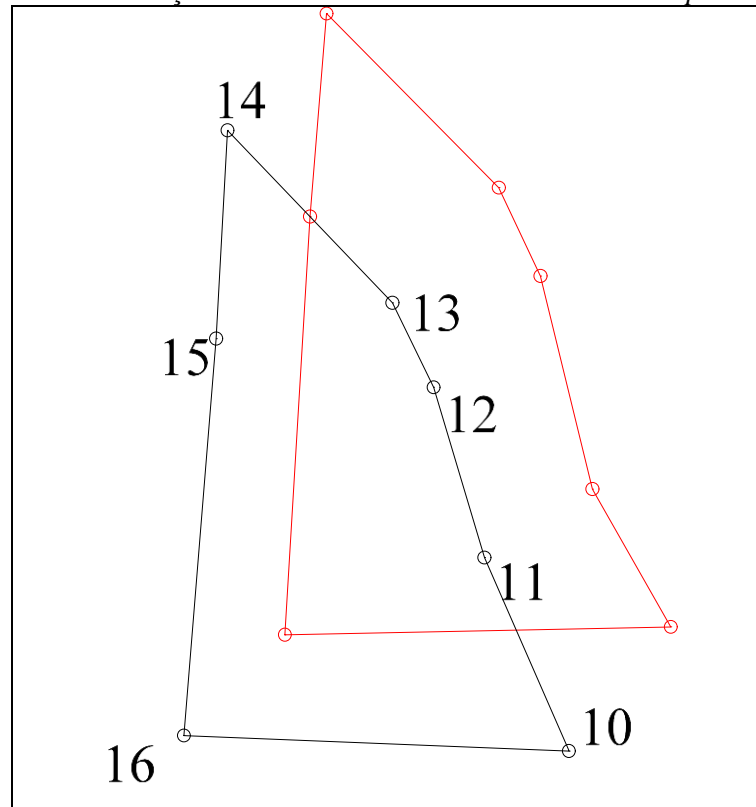
Figura 8 - Delimitação da área de Equideocultura do IFMG *campus* Bambuí.

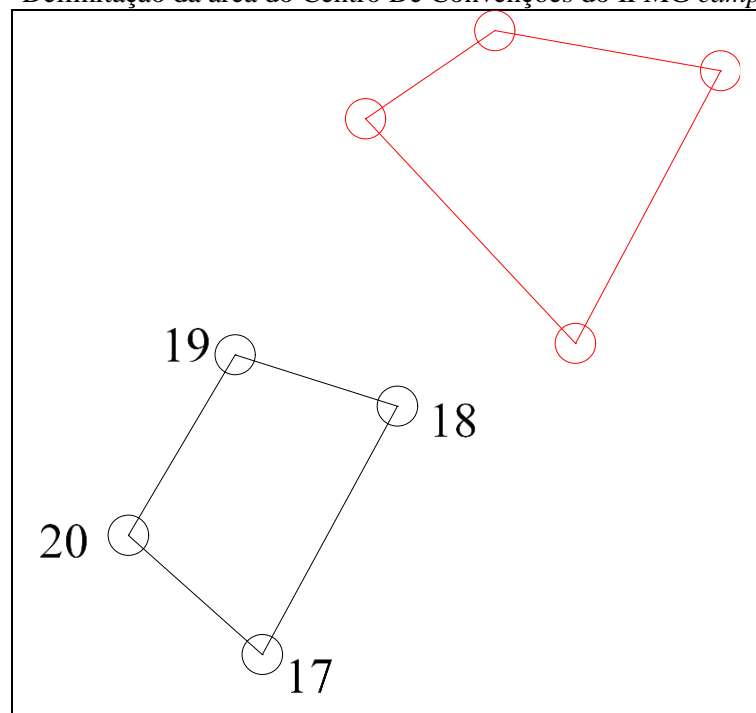
Figura 9 - Delimitação da área de Bovinocultura do IFMG *campus* Bambuí.



— GNSS Geodésico, — GNSS Navegação

Fonte: O autor (2019).

Figura 10 - Delimitação da área do Centro De Convenções do IFMG *campus* Bambuí.



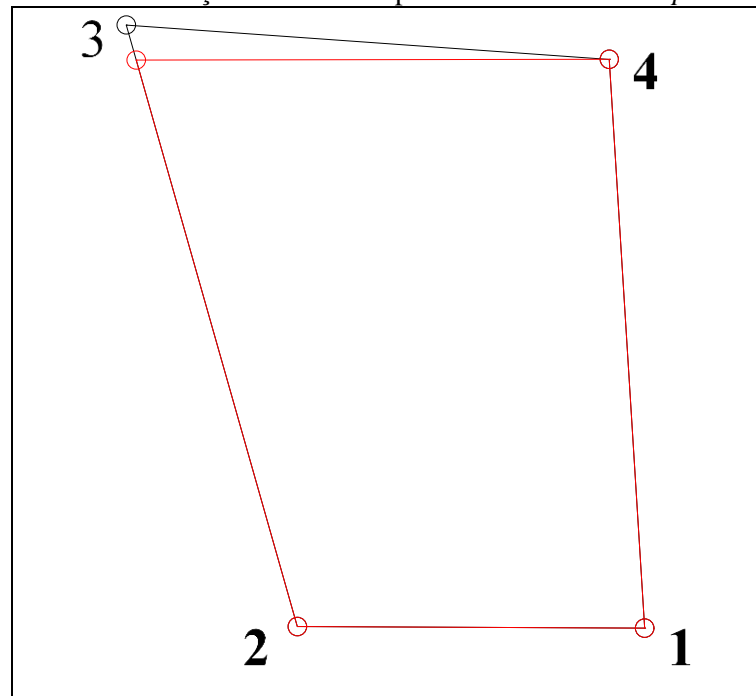
— GNSS Geodésico, — GNSS Navegação

Fonte: O autor (2019).

5.2.2 Google Earth

Nas Figuras de 11 a 14 estão as comparações das delimitações das áreas estudadas utilizando GNSS Geodésico e o Google Earth.

Figura 11 - Delimitação da área de Apicultura do IFMG *campus* Bambuí.



— GNSS Geodésico, — Google Earth

Fonte: O autor (2019).

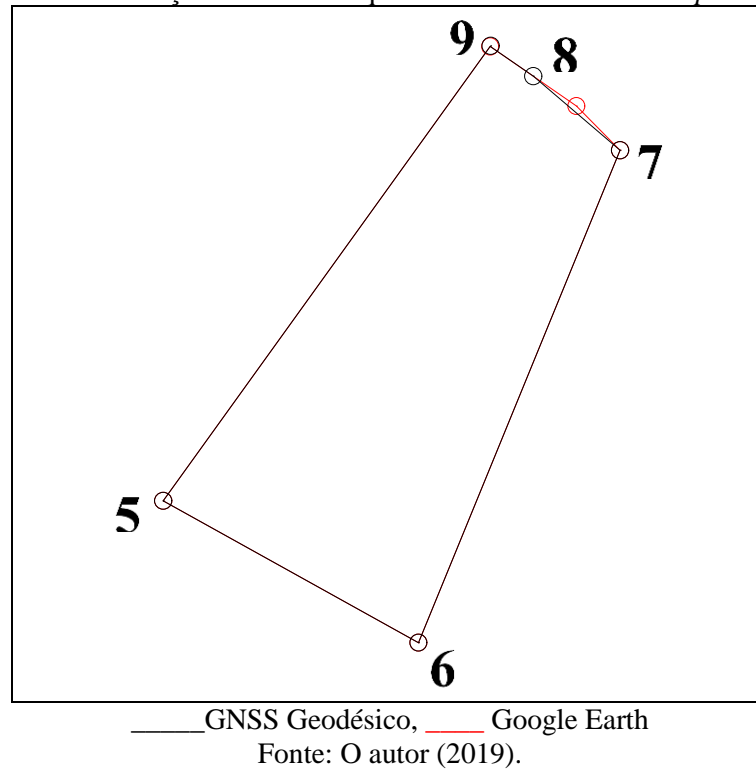
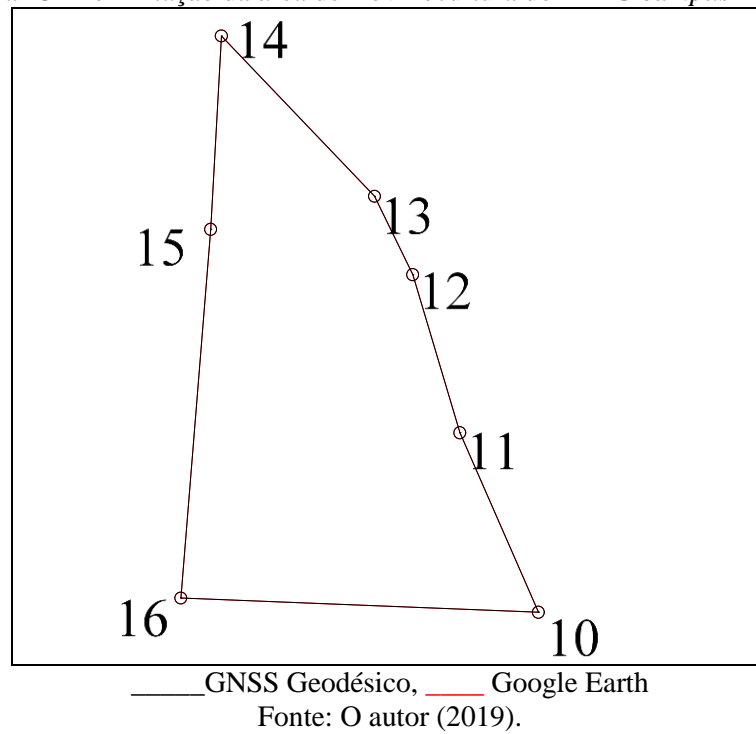
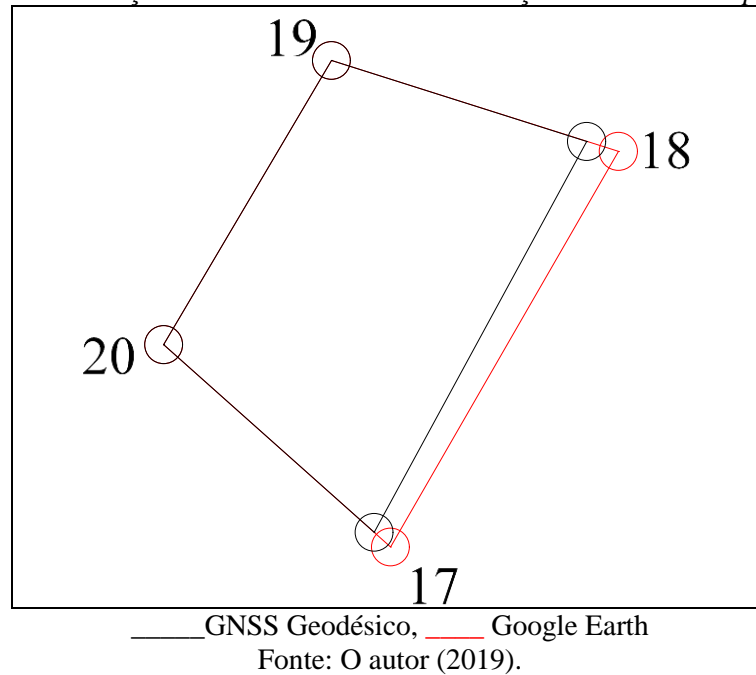
Figura 12- Delimitação da área de Equideocultura do IFMG *campus* Bambuí.Figura 13- Delimitação da área de Bovinocultura do IFMG *campus* Bambuí.

Figura 14 - Delimitação da área do Centro de Convenções do IFMG *campus* Bambuí.



5.3 Análise estatística

Os valores das discrepâncias médias e dos desvios-padrão das médias das discrepâncias das coordenadas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 -Valores das discrepâncias das médias e desvio padrão das médias das discrepâncias-Coordenadas Originais

Aparelho receptor utilizado	$\bar{\Delta E}$	$\bar{\Delta N}$	$\hat{\sigma}_{\Delta E}$	$\hat{\sigma}_{\Delta N}$
Google Earth	- 2,694	- 0,78	- 0,584	- 0,732
GNSS Navegação	-42,173	- 38,52	- 1,15082	- 3,443

Fonte: O autor (2019).

Analisando os mapas sobrepostos nas Figuras 7 a 14 e a Tabela 03, conclui-se que nas imagens geradas através do software Google Earth, houve um deslocamento médio dos pontos de 2,964 m para oeste e 0,78 m para o sul, enquanto que nas imagens geradas via GNSS de navegação houve um deslocamento da imagem de 42,173 m para oeste e 38,52 m para sul.

5.3.1 Análise da precisão

Os valores do desvio padrão e Qui-quadrados amostrais calculados para casa classe são apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Desvio Padrão e Qui-quadrados amostrais calculados – GNSS Navegação.

ANÁLISE DE PRECISÃO				
Classe	EP 1:5000	σ	$\hat{X}^2_{\Delta E}$	$\hat{X}^2_{\Delta N}$
A	1,5 m	1,0606	22,367	198,702
B	2,5 m	1,7677	8,052	71,532
C	3,0m	2,1213	5,591	49,67

Fonte: O autor (2019).

O valor teórico obtido na tabela de Qui-quadrado é: $X^2_{0,9}^{U=19} = 28,42$

Após estes procedimentos constatou-se que os qui-quadrados amostrais são maiores que o teórico, podendo-se dizer então, que a imagem do GNSS de Navegação do IFMG *campus* Bambuí não atende ao PEC com 90% de nível de confiança, não sendo classificada em nenhuma classe para escala de 1:5.000.

Tabela 5 - Desvio Padrão e Qui-quadrados amostrais calculados – *Google Earth*

ANÁLISE DE PRECISÃO				
Classe	EP 1:5000	σ	$\hat{X}^2_{\Delta E}$	$\hat{X}^2_{\Delta N}$
A	1,5 m	1,0606	5,7778	9,0692
B	2,5 m	1,7677	2,0803	3,2649
C	3,0m	2,1213	1,4447	2,2673

Fonte: O autor (2019).

Após estes procedimentos constatou-se que os Qui-quadrados amostrais são menores que o teórico, podendo-se dizer então, que a imagem do Google Earth do IFMG *campus* Bambuí atende ao PEC com 90% de nível de confiança, sendo classificada com classe A para a escala de 1:5000, Obtendo assim resultados similares ao trabalho de pesquisa realizado por SILVA e NAZARENO (2009) na cidade de Goiânia.

5.3.2 *Análise de tendências*

Na Tabela 6 estão os valores *t*-Student amostrais.

Tabela 6 - Os valores de *t*-Student amostrais.

Aparelho receptor	$\hat{t}^2_{\Delta E}$	$\hat{t}^2_{\Delta N}$
GNSS de Navegação	163,883	50,2319
Google Earth	20,598	4,737

Fonte: O autor (2019).

O valor teórico para *t*-Student obtido na tabela foi : $t_{\frac{U=20}{0,95}}=1,7247$

Como o valor calculado para *t*-Student a partir das amostras foi maior que o valor teórico, então se conclui que as imagens geradas através do GNSS de Navegação tem um deslocamento de 38,52 m para Sul e de 42,173 m para o Oeste e que as imagens geradas pelo Google Earth têm o deslocamento de 0,78 m para o Sul e 2,694 m para o Oeste.

Na análise de tendência ficou constatado que a imagem não está livre delas, ou seja, existem deslocamentos “constantes” na direção E e N, tanto para os dados coletados via GNSS de navegação, quanto Google Earth.

5.3.3 Correção de tendência

Na Tabela 7 podem ser verificados os valores das discrepâncias das médias e desvio-padrão das médias das discrepâncias- coordenadas corrigidas estão os valores *t*-Student amostrais.

Tabela 7 – Valores das discrepâncias das médias e desvio-padrão das médias das discrepâncias-coordenadas corrigidas.

Aparelho receptor	$\bar{\Delta E}$	$\bar{\Delta N}$	$\hat{\sigma}_{\Delta E}$	$\hat{\sigma}_{\Delta N}$	$\hat{t}^2_{\Delta E}$	$\hat{t}^2_{\Delta N}$
Google Earth	0,0003	0,000	0,584	0,732	0,00	0,00
GNSS Navegação	0,000	0,000	1,15082	3,443	-0,00013	-5×10^{-5}

Fonte: O autor (2019).

Foram realizadas translação da área utilizando-se a média das coordenadas calculadas para cada uma das direções, anula-se a tendência sem com isso, no entanto alterar a classificação da imagem quanto a PEC.

5.4 Coordenadas corrigidas

As coordenadas de UTM corrigidas podem ser visualizadas na Tabela 8.

TABELA 8 - Coordenadas de UTM corrigidas

ÁREA	Pontos	GNSS NAVEGAÇÃO		GOOGLE EARTH	
		E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
APICULTURA	1	393.746,8270	7.783.644,473	393.747,196	7.783.681,14
	2	393.748,8262	7.783.591,473	393.748,026	7.783.589,77
	3	393.691,8262	7.783.591,473	393.694,576	7.783.590,11
	4	393.683,8262	7.783.634,473	393.664,716	7.783.678,52
EQUIDOCULTURA	5	394.477,8262	7.784.575,473	394.476,436	7.784.571,97
	6	394.549,8262	7.784.533,473	394.550,846	7.784.530,46
	7	394.604,8262	7.784.678,473	394.609,626	7.784.674,56
	8	394.594,8262	7.784.698,473	394.596,916	7.784.687,5
	9	394.577,8262	7.784.713,473	394.571,756	7.784.704,95
BOVINOCULTURA	10	393.890,8262	7.783.811,473	393.891,236	7.783.801,45
	11	393.860,8262	7.783.864,473	393.858,806	7.783.875,89
	12	393.840,8262	7.783.946,473	393.839,346	7.783.941,38
	13	393.824,8262	7.783.980,473	393.823,556	7.783.973,9
	14	393.758,8262	7.784.047,473	393.760,346	7.784.040,25
	15	393.758,8262	7.783.965,473	393.755,936	7.783.960,18
	16	393.742,8262	7.783.808,473	393.743,616	7.783.807,38
CONVENÇÕES	17	394.455,8262	7.784.704,473	394.457,796	7.784.702,27
	18	394.473,8262	7.784.738,473	394.475,756	7.784.733,6
	19	394.445,8262	7.784.743,473	394.453,136	7.784.740,8
	20	394.429,8262	7.784.732,473	394.439,906	7.784.718,3

Fonte: O autor (2019).

5.5 Desenho de sobreposição das áreas com coordenadas corrigidas

5.5.1 GNSS de Navegação

As comparações entre áreas estudadas delimitadas pelo GNSS Geodésico o GNSS de Navegação corrigido estão apresentadas nas Figuras de 15 à 18.

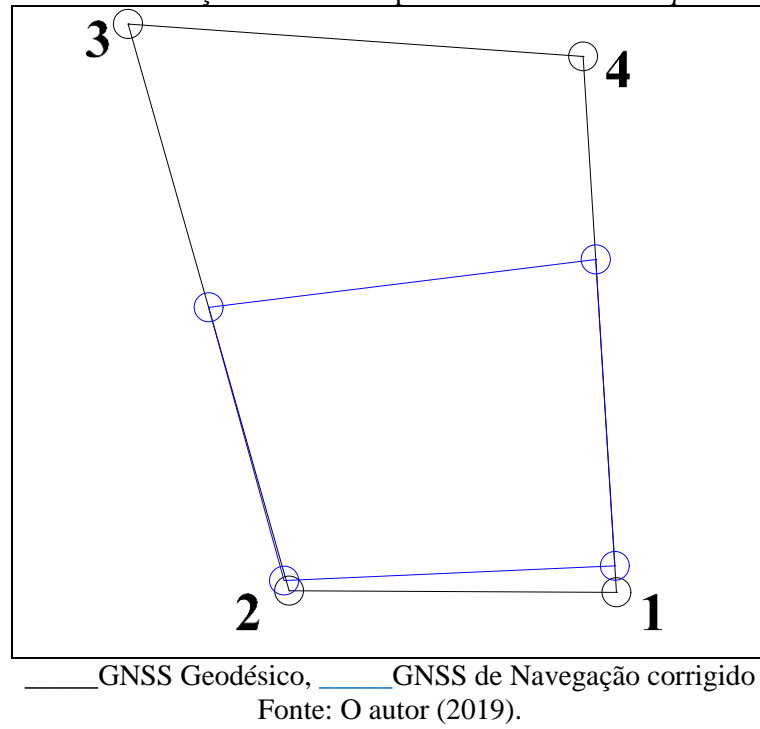
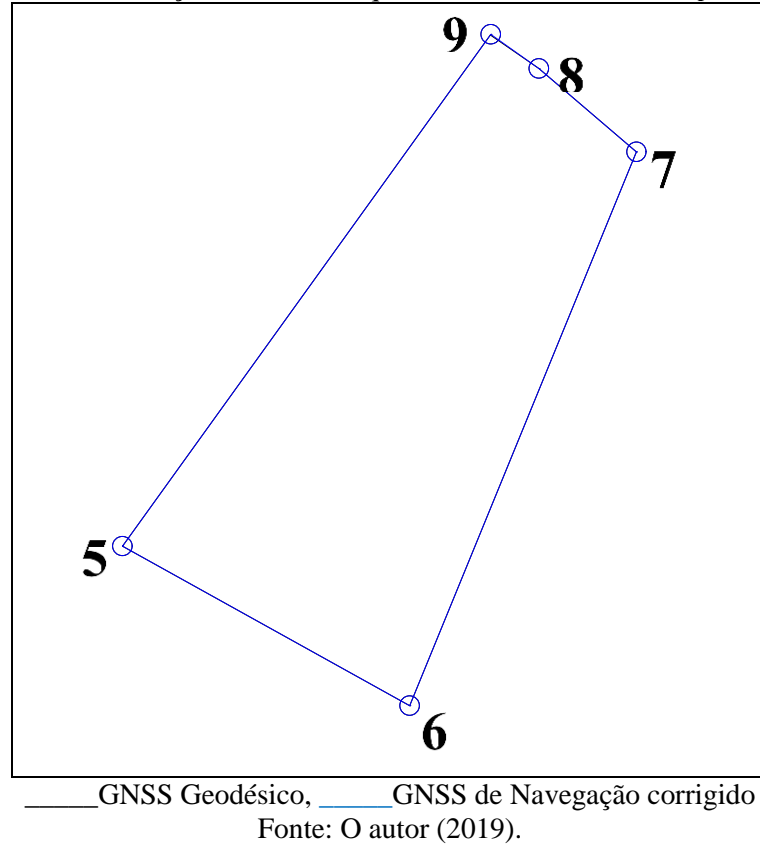
Figura 15 - Delimitação da área de Apicultura do IFMG *campus* Bambuí.Figura 16 - Delimitação da área de Equideocultura do IFMG *campus* Bambuí.

Figura 17 - Delimitação da área de Bovinocultura do IFMG *campus* Bambuí

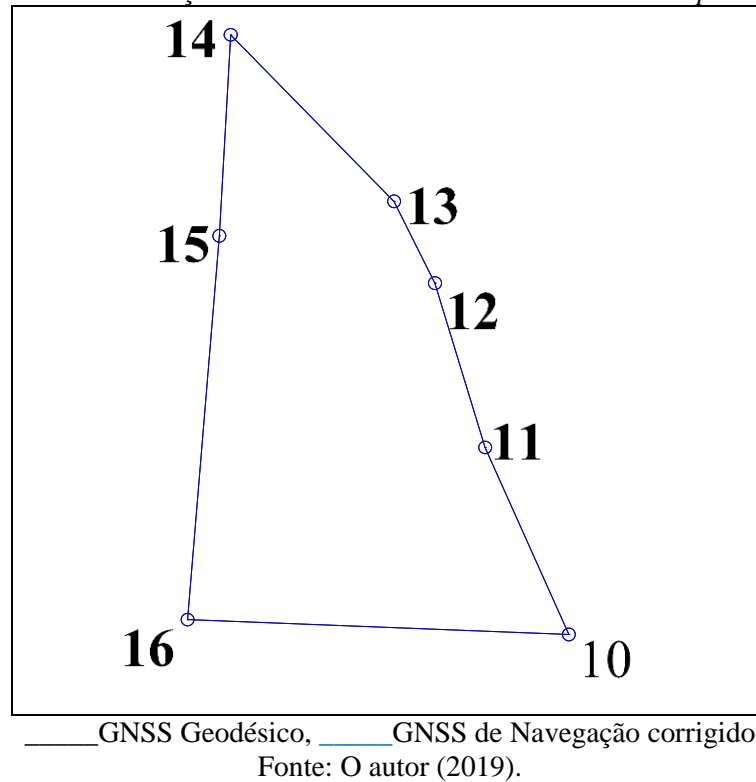
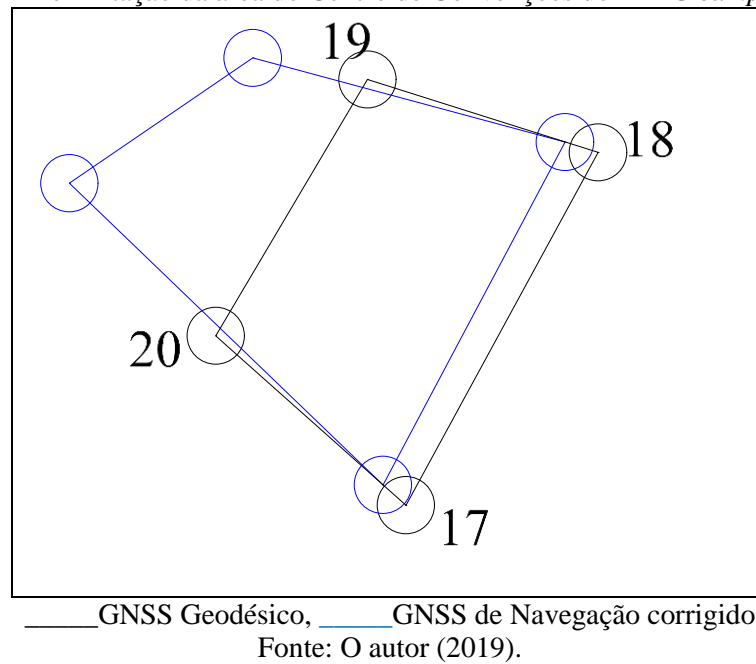


Figura 18 - Delimitação da área do Centro de Convenções do IFMG *campus* Bambuí



5.5.2 Google Earth

As comparações entre áreas estudadas delimitadas pelo GNSS Geodésico e GNSS Google Earth corrigido estão apresentadas nas Figuras de 19 à 22.

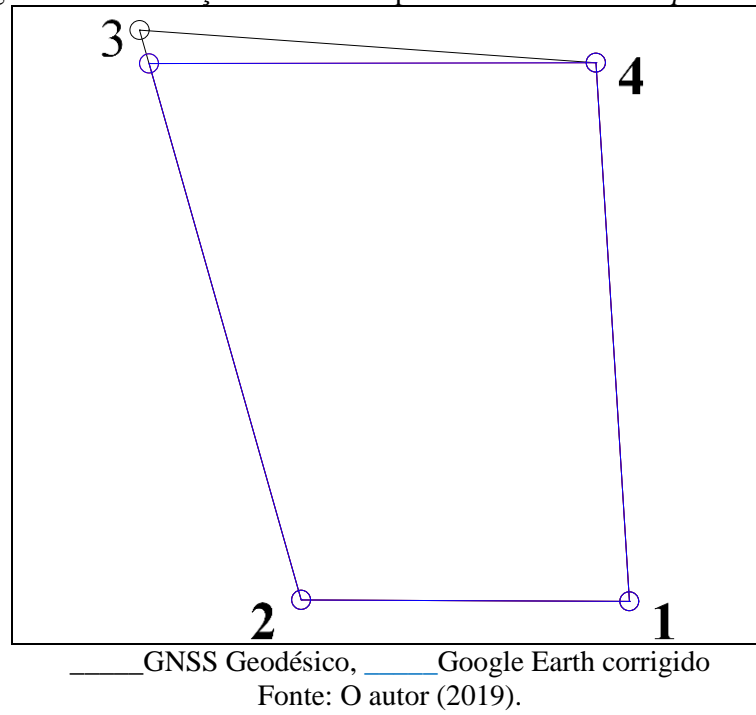
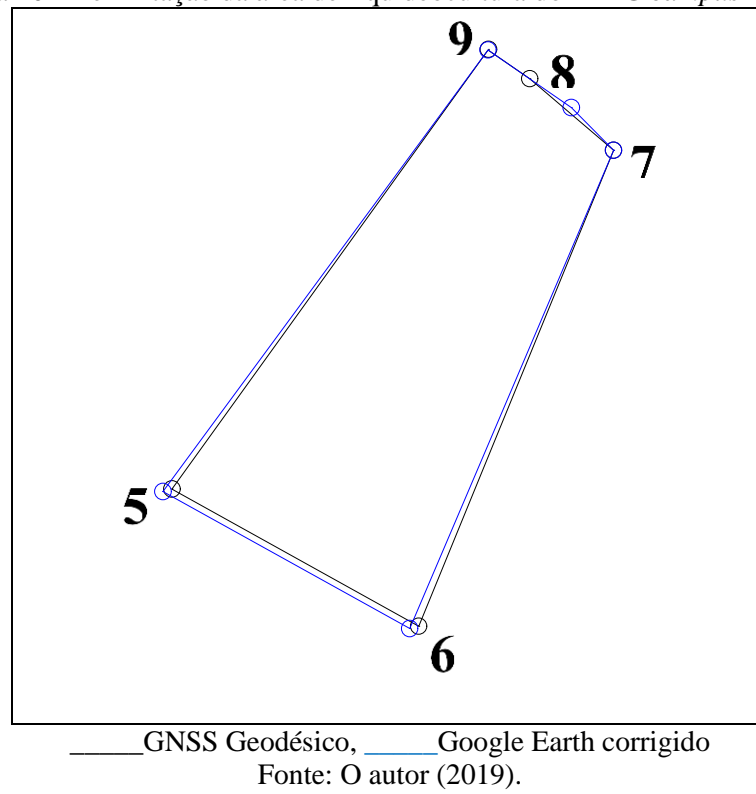
Figura 19 - Delimitação da área de Apicultura do IFMG *campus* BambuíFigura 20 - Delimitação da área de Equideocultura do IFMG *campus* Bambuí.

Figura 21 - Delimitação da área de Bovinocultura do IFMG *campus* Bambuí.

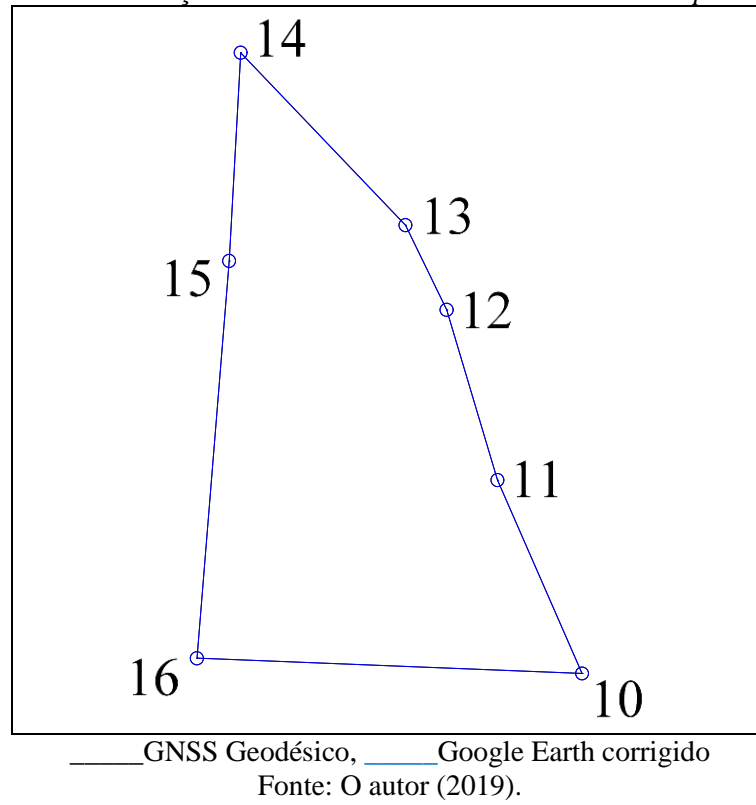
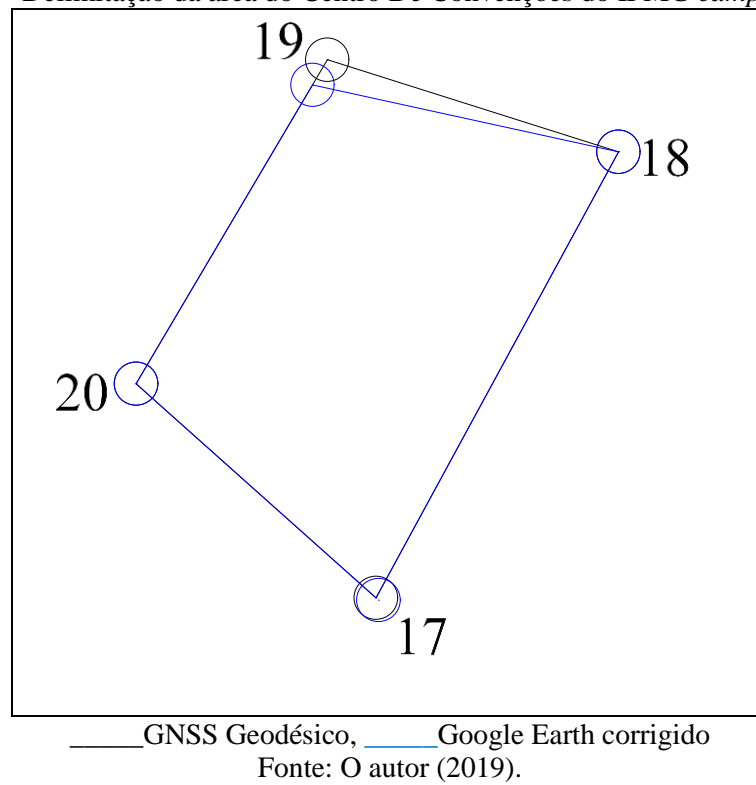


Figura 22 - Delimitação da área do Centro De Convenções do IFMG *campus* Bambuí.



Após a correção das discrepâncias das coordenadas obtidas via GNSS de navegação, pode se observar que houve sobreposição dos pontos nas áreas de equideocultura e

bovinocultura e que se manteve uma distância significativa entre os pontos originais e corrigidos das áreas de Apicultura e Centro de Convenções.

Para as áreas em que foram obtidas coordenadas via Google Earth ocorreu sobreposição total de pontos nas áreas de Bovinocultura e Equideocultura e boa aproximação na Apicultura e Centro de Convenções.

5.6 Quadro de áreas dos terrenos

As áreas dos terrenos Georreferenciados estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Áreas dos terrenos georreferenciados.

LOCAL	Áreas m ²				
	GNSS geodésico	GNSS Navegação		Google Earth	
	ORIGINAL	ORIGINAL	CORRIGIDO	ORIGINAL	CORRIGIDO
Apicultura	6.359,5589	2.905,00	3.136,4457	6.140,1919	6.140,1919
Equino	10.575,3469	10.856,3726	10.575,3469	10.599,4736	10.737,6047
Bovino	20.209,8270	20.692,2625	20.209,8270	20.209,8270	20.209,8270
Convenções	650,1703	888,00	830,7550	726,2999	633,2985

Fonte: O autor (2019).

Área original obtida via GNSS de Navegação da Apicultura correspondeu a 45,67% da área real e sua área corrigida a 49,31%, enquanto que a área original obtida via Google Earth correspondeu a 96,56% da área real, e a área do Google Earth corrigida a mesma porcentagem.

Área original obtida via GNSS de Navegação da Equino correspondeu a 102,65% da área real e sua área corrigida a 100%, enquanto que a área original obtida via Google Earth correspondeu 100,22% da área real, e a área do Google Earth corrigida correspondeu a 101,53% da área real.

Área original obtida via GNSS de Navegação de Bovinocultura correspondeu a 102,38% da área real e sua área corrigida à 100,00%, enquanto que a área original obtida via Google Earth correspondeu 100,00% da área real, e a área do Google Earth corrigida correspondeu a 100,00% da área real.

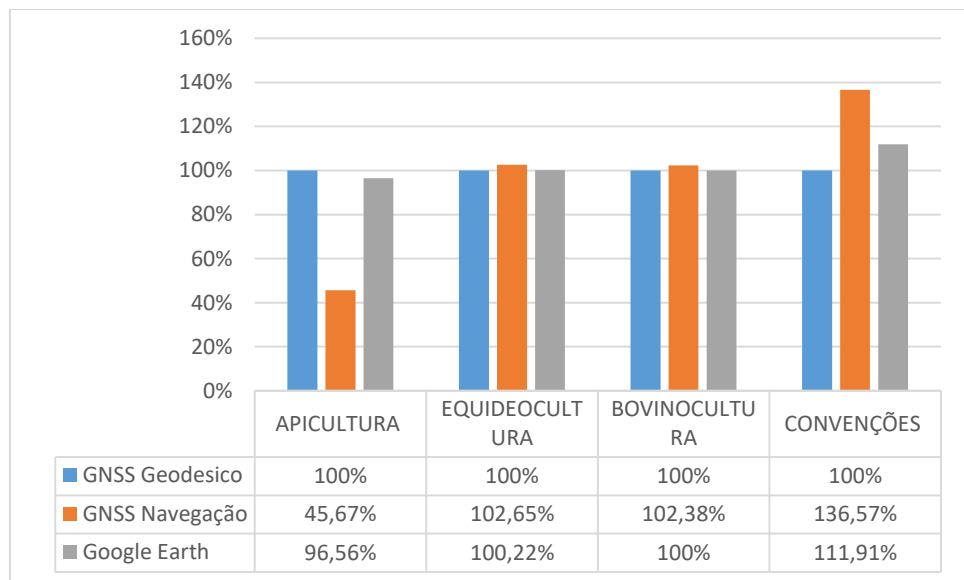
Área original obtida via GNSS de Navegação da Centro de convenções correspondeu à 136,57% da área real e sua área corrigida a 127,77%, enquanto que a área original obtida via

Google Earth correspondeu a 111,71% da área real, e a área do Google Earth corrigida correspondeu a 97,41% da área real.

As áreas que apresentaram maior proximidade com as áreas reais foram aquelas obtidas via Google Earth. Nota-se que as áreas menores foram as que apresentaram maiores erro, quando suas coordenadas obtidas via GNSS de Navegação.

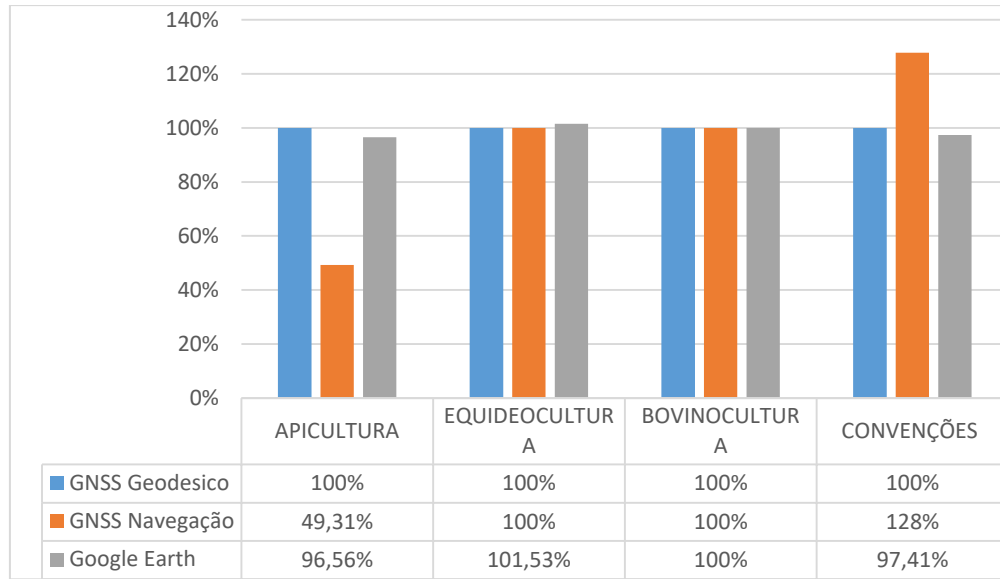
Os valores dos cálculos das áreas georreferenciadas, obtidos das poligonais com o uso do Google Earth foram mais próximos aos valores das poligonais obtidas através do GNSS Geodésico em comparação com o GNSS de Navegação.

Figura 23 - Áreas dos Terrenos sem Correção



Fonte: O autor (2019).

Figura 23 - Áreas dos Terrenos Corrigidos



Fonte: O autor (2019).

6 CONCLUSÃO

Considerando o Decreto lei 89.817 a imagem do IFMG *campus* Bambuí, disponível atualmente no Google Earth, atende ao PEC classe A na escala de 1:5000, com 90% de nível de confiança, enquanto que as imagens geradas pelas coordenadas dos pontos obtidas via GNSS de navegação não atende a nenhuma classe do PEC.

Com o Google Earth que a validação dos dados é uma atividade relativamente simples e com um custo baixo.

A medida que as áreas aumentam, a área determinada via GNSS de navegação aproximam daquelas determinadas via Google Earth.

O Google Earth se mostrou melhor para georreferenciamento que o GNSS de Navegação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO JÚNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. C. O. **Topografia geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. 156 p.
- DANA, P. H. The UTM Grid. **Zonum Solutions**, 1994. Disponível em: <www.zonums.com/library/utmgrid.html>. Acesso em: 01 set. 2019
- DRONENG. **Case Técnico: topografia X fotogrametria**, Presidente Prudente, p. 37, [2017?]. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B64h_BNFmTbnVTY0WW5LQzBSVke/view>. Acesso em: 20 mai. 2019.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 15 set 2019.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. 1ª. ed. [S.l.]: UNESP, 2001. 287 p. ISBN 8571393281.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª. ed. [S.l.]: Unesp, 2008. 480 p. ISBN 8571397880, 978-8571397880.
- MONICO, J. F. G. Monitoramento do posicionamento por ponto simples com dados GPS no Brasil. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS. 2013, CURITIBA. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 2013.
- NASSER, M. **Comparação de poligonais obtidas por Google Earth pro e receptor GNSS de navegação**. 2016. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2016.
- OLIVEIRA, É. H. D. **A utilização das geotecnologias no ensino de geografia**. 2013.50f. Monografia (Especialização Em Educação: Métodos E Técnicas de Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná 2013
- ROSA, R., & BRITO, J. L. S. **Introdução a geoprocessamento**. Uberlândia. 2013. 142f. Universidades Federais de Uberlândia 2013.
- RODRIGUES, A. C. **Estudo do sistema de posicionamento global (GPS)**. 2011. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) - Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos. 2011.
- SANTIAGO & CINTRA. Como funciona o sistema RTK (Real Time Kinematic)? **Santiago & Cintra: Geo - Tecnologias**, 16 fev 2018. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/como-funciona-o-sistema-rtk-real-time-kinematic-y>>. Acesso em: 10 ago 2019.
- SILVA, L. A.; NAZARENO, N. R. X. Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do Google Earth tendo como. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2009, NATAL. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 1723-1730.

TOSTO, S. G.; RODRIGUES, C. A. G.; BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. (Ed.).

Geotecnologias e geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília:

Embrapa, 2014. 248 p. ISBN 978-85-7035-321-4. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas)