

# Desenvolvimento de Aplicativo para Sistemas Operacionais Android direcionado à Engenharia de Agrimensura: E TOPO

1<sup>st</sup> Pablo Francisco Benitez Baratto  
Engenheiro Agrimensor  
Universidade Federal do Pampa  
Itaqui – Brasil  
pablofbbaratto@gmail.com

2<sup>nd</sup> Cristiano Galafassi  
Prof. Mestre em Computação Aplicada  
Universidade Federal do Pampa  
Itaqui – Brasil  
cristianogalafassi@unipampa.edu.br

3<sup>rd</sup> Leonard Niero da Silveira  
Prof. Mestre em Geomática  
Universidade Federal do Pampa  
Itaqui – Brasil  
leonardsilveira@unipampa.edu.br

4<sup>th</sup> Rogério Rodrigues de Vargas  
Prof. Doutor em Sistemas e  
Computação  
Universidade Federal do Pampa  
Itaqui – Brasil  
rogeriovargas@unipampa.edu.br

5<sup>th</sup> Emanuely Wouters Silva  
Graduanda do curso de Licenciatura em  
Química  
Instituto Federal Farroupilha  
Panambi – Brasil  
Emanuelywouters@gmail.com

6<sup>th</sup> Everton Colling Nedel  
Engenheiro Agrimensor  
Universidade Federal do Pampa  
Itaqui – Brasil  
everton\_nedel@hotmail.com

**Resumo** — A partir de ferramentas computacionais de desenvolvimento é possível criar aplicativos direcionados aos cálculos geodésicos, cartográficos e topográficos que, por sua vez, são bastante complexos para serem efetuados manualmente, além de demandarem recursos financeiros para a aquisição de licenças de uso para *softwares* proprietários. A situação se torna mais complicada quando é necessária a instalação destes *softwares* em várias máquinas ou mesmo a sua portabilidade para utilização em campo. É possível generalizar o uso de um aplicativo específico quando este tem baixo custo (ou mesmo gratuito) e simplicidade de operação (interface amigável). Como qualquer curso de Engenharia, o de Agrimensura e Cartografia precisa desenvolver uma gama das equações para resolver os problemas do cotidiano no exercício da profissão. Nesse sentido, o intuito de desenvolver uma ferramenta compacta onde se possa agrupar alguns cálculos pertinentes à Engenharia de Agrimensura e Cartográfica (principalmente a transformação de coordenadas) tem caráter inovador, devido não haver no mercado aplicações gratuitas com a mesma praticidade de operação com que o presente trabalho objetiva produzir. Assim, fazendo uso da plataforma virtual de desenvolvimento de aplicativos para Android do Google, mantida pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), foi possível desenvolver gratuitamente um aplicativo no formato APK, que poderá ser facilmente instalado em *smartphones* e *tablets* com o sistema operacional Android, denominado E TOPO.

**Palavras Chave**— Android, Geodésia, Plano Topográfico.

## I. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento dos smartphones, houveram diversas mudanças no panorama atual, dentre elas, o modo de se comunicar e se relacionar em sociedade. Com o uso que vem sendo empregado para estes aparelhos é possível visualizar seus respectivos impactos no cotidiano de todos, além de que grandes empresas têm se adaptado a essa nova realidade.

De acordo com o estudo “*Smartphones Users and Penetration Worldwide*”, previu-se que um quarto da população teria um *smartphone* em 2015 e 51,7% dos usuários de celulares utilizarão o sistema Android em 2018, demonstrando o crescimento do uso desse sistema no mundo todo [1].

Nesse sentido, a utilização de *smartphones* e suas tecnologias têm conquistado cada vez mais espaço na vida

em sociedade, tornando-se um meio facilitador das atividades realizadas no nosso dia a dia [2], permitindo a interação entre pessoas e aplicações práticas na vida de todos. No meio profissional não é diferente, tal tecnologia tem se tornado uma ferramenta cada vez mais poderosa para realizar atividades de maneira simples, rápida, possibilitando resolver inúmeros problemas utilizando o aparelho na palma da mão através de seus aplicativos, os quais são fáceis de instalar, rápidos e simples de manusear.

Os desenvolvedores em linguagem compatível com o Sistema Operacional Android estão se adequando às novas possibilidades de mercado que a plataforma computacional oferece. Esses aplicativos, basicamente são *softwares* desenvolvidos com a finalidade de utilização em dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* que são usados para atender as necessidades específicas do usuário. Esses serviços têm como objetivo de informar ou entreter [3].

Assim, o trabalho em questão tem uma grande relevância tecnológica, por estar atualizando e simplificando o uso das ferramentas aplicadas na área da Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. Tal engenharia necessita de novos meios para resolução de problemas e, mesmo os profissionais mais antigos, têm de aprender a utilizar das novas tecnologias para tornarem-se competitivos no mercado de trabalho.

O intuito foi desenvolver uma ferramenta compacta onde se possa agrupar alguns cálculos pertinentes à Engenharia de Agrimensura (principalmente a transformação de coordenadas) utilizando a plataforma virtual de desenvolvimento de aplicativos para Android do Google, mantida pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) [4], chamada App Inventor 2. Nela possível desenvolver gratuitamente aplicativos no formato APK, podendo ser facilmente instalados em *smartphones* e *tablets* com o sistema operacional Android. A simplificação dos cálculos por meio de um aplicativo móvel é de suma importância para os profissionais que trabalham na área.

O desenvolvimento do aplicativo denominado E TOPO traz, para a Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, uma nova perspectiva e horizonte de trabalho, sendo que atualmente, dentro das engenharias, é necessária a criação de equipamentos, métodos, dispositivos e *softwares* que

otimizem o trabalho dos engenheiros. Embora o referencial teórico passe por raras atualizações, a inovação no modo de aplicação e desenvolvimento dos resultados obtidos nunca foi tão imperativa.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

No âmbito da Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, rotineiramente há a necessidade de efetuar a transformação de coordenadas, sabendo que a Terra pode ser projetada com uma redução de escala, com formato esférico, por meio de um globo terrestre. Nesse globo são representados os aspectos naturais e artificiais com finalidade apenas cultural, como um meio de representação qualitativa [5].

Mesmo que a geodésia refira-se à superfície curva da Terra, a grande maioria dos processos práticos realizados em campo e escritório utilizam uma superfície plana (cartográfica) e esses processos acabam gerando distorções. Nesse sentido, é possível minimizar tais distorções, utilizando uma fração limitada da superfície terrestre (topográfica) [6].

No mercado não há aplicativos móveis específicos para este fim, existem apenas *softwares* para computadores como o DataGeosis\*, o TopoGRAPH\*\*, o Sistema Posição, entre outros, que realizam funções como a criação de cadernetas com coordenadas topográficas ou Universal Transversa de Mercator (UTM). Porém, todos estes *softwares* supracitados necessitam de uma chave paga para sua utilização completo.

A. Fator de Escala

Basicamente, o fator de escala corrige as deformações lineares causadas pelo sistema de projeção. No caso do Sistema de Projeção UTM, o qual é adotado oficialmente para o mapeamento sistemático no Brasil, as distâncias medidas no terreno deverão ser multiplicadas pelo fator de escala correspondente à posição em que se encontram no fuso. Já as distâncias tomadas na carta deverão ser divididas pelo fator de escala afim de se obter as distâncias reais [7].

Para desenvolver a superfície do elipsoide no cilindro, algumas informações acabam sendo perdidas em determinadas regiões pela aplicação do fator de escala *K*, que se trata de um coeficiente de deformação linear, que é a relação matemática entre um comprimento na projeção (cilindro) e o seu correspondente no elipsoide [8]. Logo, distâncias sobre a superfície terrestre localizadas entre as linhas de secância dentro de um dado fuso acabam por diminuir seu tamanho quando projetadas no plano UTM, enquanto distâncias exteriores às linhas de secância acabam aumentando seu tamanho quando projetadas, conforme a Figura 1.

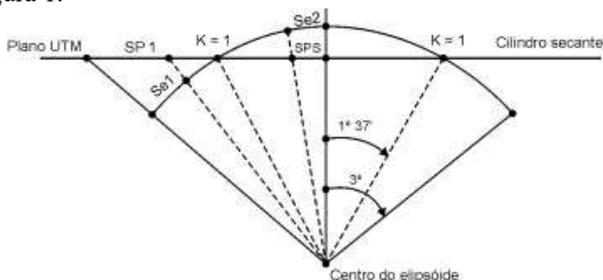


Figura 1. Detalhe do fuso em corte. Fonte: [9].

A equação (1), é utilizada para calcular o fator de escala *K* em função das coordenadas geodésicas, [10]:

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 - [\cos \phi_m \cdot \sin(\lambda_m - \lambda_{MC})]^2}} \tag{1}$$

*K*<sub>0</sub> – fator de escala do meridiano central do fuso (0,9996);

$\phi_m$  – Latitude geodésica do ponto;

$\lambda_m$  – Longitude geodésica do ponto;

$\lambda_{MC}$  – Longitude geodésica do meridiano central do fuso.

B. Convergência Meridiana

A convergência meridiana é o ângulo *C* (denominado como ( $\gamma$ ) na Figura 2), que num determinado ponto *P*, é formado pela tangente ao meridiano deste, e a paralela ao meridiano central, como pode ser vista na Figura 2. Desta forma, a convergência meridiana é o ângulo formado entre o norte verdadeiro e o Norte de quadricula [11].

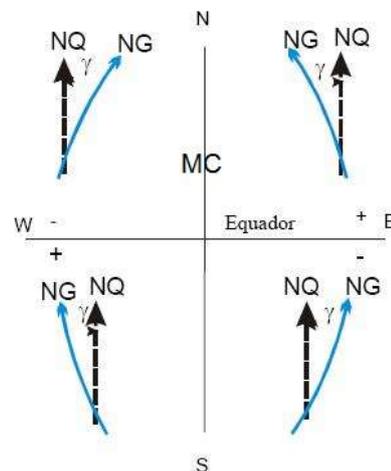


Figura 2. Sinal da Convergência Meridiana. Fonte: [12].

As equações (3-8) são utilizadas no cálculo da convergência meridiana [5], onde os termos *P*, *XII*, *XIII* e *C'*<sub>5</sub> são equações parciais utilizadas para o efetivo cálculo da convergência meridiana (*C*).

$$C = XII \cdot P + XIII \cdot P^3 + C'_5 \cdot P^5 \tag{3}$$

$$P = 0,0001 \cdot D1'' \Rightarrow D1 = \lambda_{MC} - \lambda_m \tag{4}$$

$$XII = \text{sen } \phi_m \cdot 10^4 \tag{5}$$

$$XIII = \frac{\text{sen}^2 1'' \cdot \text{sen} \phi_m \cdot \cos^2 \phi_m \cdot (1 + 3 \cdot e'^2 \cdot \cos^2 \phi_m + 2 \cdot e'^4 \cdot \cos^4 \phi_m) \cdot 10^{12}}{3} \tag{6}$$

$$C'_5 = \frac{\text{sen}^4 1'' \cdot \text{sen} \phi_m \cdot \cos^4 \phi_m \cdot (2 \cdot \tan^2 \phi_m) \cdot 10^{20}}{15} \tag{7}$$

$$e' = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b} \tag{8}$$

Onde:

*a* – semieixo maior do elipsoide de referência;

*b* – semieixo menor do elipsoide de referência;

*e'* – segunda excentricidade do elipsoide de referência;

\*Disponível em: [https://storage.googleapis.com/datageosis/datageosisoffice\\_full.exe](https://storage.googleapis.com/datageosis/datageosisoffice_full.exe)

\*\* Disponível em: <http://www.topograph.com.br/index.html#produtos>

$DI''$  – diferença entre a longitude do ponto e do meridiano central do fuso (em segundos).

C. Plano Topográfico Local

O plano topográfico local é um plano elevado ao nível médio do terreno da área de abrangência do Sistema Topográfico Local, segundo a normal à superfície de referência no ponto de origem do sistema conforme a Figura 3 (ponto de tangência do plano topográfico de projeção no elipsoide de referência) [13], de tal forma que não são levados em conta os erros sistemáticos provenientes da desconsideração da curvatura terrestre e do desvio da vertical, definido pela determinação de coordenadas topográficas a partir de coordenadas geodésicas [14].

Para a criação de um plano topográfico local, é necessário escolher um ponto sobre a superfície física terrestre e conhecer suas coordenadas homólogas sobre a superfície de referência, onde passará um plano tangente com origem em tal ponto. Assim, tanto a escolha da superfície de referência como a do elipsoide de revolução (para a representação que melhor se adequa ao geoide) apoia-se na comprovação de Newton de que a Terra era achatada nos polos e com o formato semelhante à de um elipsoide de revolução [15].

Assim como descrito por [9] e [15], o Plano Topográfico Local serve para simplificar os cálculos de coordenadas em levantamentos topográficos e evitar o uso do sistema de coordenadas planas UTM, as quais, por sua vez, não são indicadas para obras de engenharia pelas deformações decorrentes de tal sistema.

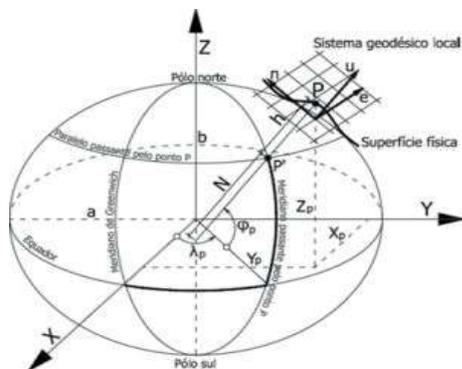


Figura 3. Ilustração do Plano Topográfico Local – Sistema Geodésico Local. Fonte: [16].

As Equações (9-26) mostram o procedimento de transformação de coordenadas geodésicas em coordenadas plano-retangulares no Sistema Topográfico Local, segundo a NBR 14166 [13].

$$X_p = 150000 + x_p \quad (9)$$

$$Y_p = 250000 + y_p \quad (10)$$

$$x_p = \Delta\lambda_1 \cos\phi_p N_p \operatorname{sen}(1''c) \quad (11)$$

$$y_p = \frac{1}{B} [\Delta\phi_1 + Cx_p^2 + D(\Delta\phi_1)^2 + E(\Delta\phi_1)x_p^2 + ECx_p^2]c \quad (12)$$

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda_0 - \lambda_p \quad (13)$$

$$\Delta\phi = \Delta\phi_p - \phi_0 \quad (14)$$

$$\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda [1 - 3,9173 \times 10^{-12} (\Delta\lambda'')^2] \quad (15)$$

$$\Delta\phi_1 = \Delta\phi [1 - 3,9173 \times 10^{-12} (\Delta\phi'')^2] \quad (16)$$

$$B = \frac{1}{M_0 \operatorname{arc} 1''} \quad (17)$$

$$C = \frac{\tan\phi_0}{2M_0 N_0 \operatorname{arc} 1''} \quad (18)$$

$$D = \frac{3e^2 \operatorname{sen}\phi_0 \cos\phi_0 \operatorname{arc} 1''}{2(1 - e^2 \operatorname{sen}^2\phi_0)} \quad (19)$$

$$E = \frac{1 + 3 \tan\phi_0}{6N_0^2} \quad (20)$$

$$c = \frac{R_0 + H_1}{R_0} \quad (21)$$

$$R_0 = \sqrt{M_0 N_0} \quad (22)$$

$$M_0 = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2\phi_0)^{3/2}} \quad (23)$$

$$N_0 = \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2\phi_0)^{1/2}} \quad (24)$$

$$N_p = \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2\phi_p)^{1/2}} \quad (25)$$

$$e = \left( \frac{a^2 - b^2}{a^2} \right)^{1/2} = [f(2-f)]^{1/2} \quad (26)$$

Onde as Equações (11-26) servem como cálculos intermediários para o efetivo cálculo das coordenadas topográficas locais expressas nas Equações (9-10), para X e Y, respectivamente.

Para realizar toda essa conversão, basta ter a Latitude ( $\phi_0$ ) e Longitude ( $\lambda_0$ ) de um ponto de origem do seu plano Topográfico Local, a altitude ortométrica média ( $H_1$ ) de todos os pontos do seu plano, juntamente com as Latitudes ( $\phi_p$ ) e Longitudes ( $\lambda_p$ ) de todos os demais pontos a serem transformados, a partir de sua origem definida, que irão equivaler à  $X=150000\text{m}$  e  $Y=250000\text{m}$ .

D. Problema Inverso da Topografia

O problema inverso da Topografia consiste na determinação do Azimute e da distância entre dois pontos, a partir dos valores de suas coordenadas (X, Y), abscissa e ordenada.

Não basta apenas calcular numericamente, é necessário compreender o que de fato são tais grandezas topográficas. Sendo assim, o Azimute é definido como o ângulo horizontal formado entre a direção Norte/Sul e o alinhamento em questão. O Azimute é medido a partir do Norte, no sentido horário (à direita), podendo variar de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  [8], [17].

Porém, quando se trata do cálculo do Azimute a partir das coordenadas, pode ser calculado a partir do Rumo ( $\alpha$ ), que é basicamente o menor ângulo formado pela meridiana que materializa o alinhamento Norte-Sul e a direção considerada. Uma vez que o Rumo varia de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , sendo contado do

Norte ou do Sul para leste ou oeste, aplica-se ao mesmo a regra dos quadrantes para de fato encontrar o Azimute, segundo a Figura 4 [6].

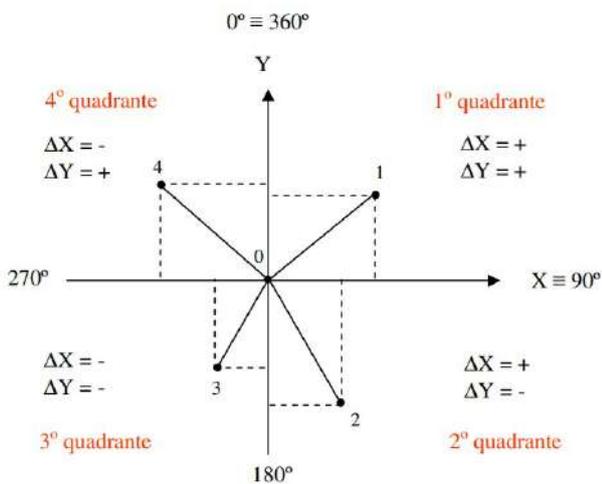


Figura 4. Quadrantes para o cálculo do Azimute a partir de coordenadas planas. Fonte: [8].

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right) \quad (27)$$

$$\begin{cases} \text{Se } \Delta X > 0 \text{ e } \Delta Y > 0, \text{ Az} = \alpha \\ \text{Se } \Delta X > 0 \text{ e } \Delta Y < 0, \text{ Az} = 180^\circ - |\alpha| \\ \text{Se } \Delta X < 0 \text{ e } \Delta Y < 0, \text{ Az} = 180^\circ + |\alpha| \\ \text{Se } \Delta X < 0 \text{ e } \Delta Y > 0, \text{ Az} = 360^\circ - |\alpha| \end{cases} \quad (28)$$

$$DE = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} \quad (29)$$

As Equações (27-28) servem para o cálculo do Azimute (Az). Já a Equação (29) refere-se ao cálculo da Distância Euclidiana (DE) entre os pontos. Ambas equações podem ser encontradas em [6] e [17] as quais estão dispostas abaixo:

### III. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do aplicativo, foi utilizada a plataforma virtual de desenvolvimento de aplicativos para Android do Google em parceria com o MIT, utilizando programação por blocos.

O efetivo desenvolvimento do aplicativo foi realizado em um computador com acesso à internet, devido ao fato de que a plataforma do MIT, onde a aplicação está hospedada, funciona apenas *online*.

Os testes de verificação de falhas e erro foram realizados em plataforma virtual, a partir de um emulador ou no próprio dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*), pelo próprio desenvolvedor e voluntários que testaram as funcionalidades e reportaram os problemas para que os mesmos fossem corrigidos. Os primeiros resultados já obtidos através dos testes realizados encontram-se descritos na Tabela 2, presente na seção IV.

O que motivou o fato da escolha da plataforma App Inventor 2 (MIT) foi a facilidade de desenvolver um aplicativo rápido e que ocupa um pequeno espaço na memória dos dispositivos móveis nos quais será instalado.

Deste modo, a plataforma possibilita a criação de um aplicativo que solucione os problemas atuais existentes na área da Engenharia de Agrimensura e Cartográfica sem a necessidade de fazer uso de uma linguagem mais complexa de programação, conforme pode ser vista na Figura 5, onde fica expressamente visível que arrastando blocos, é possível desenvolver funções complexas correspondentes a um aplicativo.



Figura 5. Plataforma App Inventor 2.

As equações utilizadas no aplicativo que foi desenvolvido foram definidas levando em consideração as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas [13] e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [18], com a ideia central de ser uma ferramenta funcional e inovadora que efetua cálculos geodésicos, cartográficos e topográficos, relacionados a Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

As funcionalidades presentes no aplicativo são:

- A) Calcular o fator de deformação linear (K) em um ponto disposto no espaço a partir das coordenadas Geodésicas ( $\phi, \lambda$ );
- B) Calcular a convergência Meridiana a partir das coordenadas Geodésicas ( $\phi, \lambda$ ) de um ponto;
- C) Criar um Plano Topográfico Local (PTL) a partir das coordenadas Geodésicas ( $\phi, \lambda$ ), segundo a norma NBR 14166 [13];
- D) Calcular Azimutes e distância euclidiana a partir de um par de coordenadas planas (X,Y), referente ao Problema Inverso da Topografia.

### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atualmente o aplicativo é considerado funcional, pois foram obtidos resultados positivos quanto a sua funcionalidade para a opção do Menu *Geodésia – ABNT/NBR 14166*, gerando perspectivas promissoras para melhorias e futuras versões da aplicação.

Na Tabela I encontram-se os dados de entrada inseridos no aplicativo para a criação do Plano Topográfico Local, onde cada ponto possui suas coordenadas geodésicas: Latitude ( $\phi$ ) e Longitude ( $\lambda$ ) (em graus, minutos e segundos), bem como sua orientação sobre os hemisférios que dividem o globo terrestre.

Outro dado de entrada que é constante no aplicativo é a altitude ortométrica média do plano, a qual deve ser calculada pelo usuário do aplicativo a partir da altitude ortométrica de todos os pontos constituintes do Plano Topográfico Local. Para fins de resultados, neste caso foi

utilizada a altitude ortométrica média do plano sendo 764,000 metros.

TABELA I  
Dados de entrada para o aplicativo

Ponto	Latitude ( $\phi$ )	Longitude ( $\lambda$ )
1 - Origem	23°36'03,89" S	46°35'36,36" W
2	23°39'56,81" S	46°40'20,84" W
3	23°42'15,95" S	46°31'28,59" W
4	23°36'08,40" S	46°28'21,12" W
5	23°36'27,12" S	46°29'59,72" W
6	23°44'11,33" S	46°35'42,36" W
7	23°35'55,78" S	46°44'01,34" W
8	23°33'28,10" S	46°40'48,02" W
9	23°40'01,66" S	46°42'05,23" W
10	23°38'15,45" S	46°43'36,12" W
11	23°42'29,51" S	46°38'06,50" W
12	23°34'26,18" S	46°41'44,33" W
13	23°29'09,83" S	46°36'00,93" W
14	23°30'59,92" S	46°34'25,26" W
15	23°31'45,02" S	46°32'16,86" W
16	23°40'05,53" S	46°30'02,10" W

S para identificar Latitudes ao sul da linha do equador.

W para identificar Longitudes ao oeste do meridiano de Greenwich.

A Tabela II apresenta os resultados obtidos pelo aplicativo para os valores de entradas presentes na Tabela I, acrescidos da altitude ortométrica média do plano. Os valores representam a transformação de coordenadas geodésicas (Latitude, Longitude) em coordenadas planas locais (X, Y).

Sendo destacados os valores onde houveram discrepância entre os resultados obtidos pelo *software* DataGeosis Office e o Aplicativo E TOPO.

TABELA II  
Dados de saída do aplicativo E TOPO

Ponto	X (m)	Y (m)
1 - Origem	150000,000	250000,000
2	141937,752	<b>242831,199</b>
3	<b>157019,810</b>	<b>238550,593</b>
4	<b>162340,777</b>	<b>249856,021</b>
5	<b>159544,700</b>	249282,134
6	149830,050	<b>235002,180</b>
7	<b>135681,438</b>	<b>250242,511</b>
8	<b>141160,224</b>	<b>254790,701</b>
9	<b>138979,421</b>	<b>242680,039</b>
10	<b>136400,548</b>	<b>245945,785</b>
11	<b>145746,361</b>	238134,437
12	<b>139564,349</b>	<b>253002,634</b>
13	149302,730	<b>262739,801</b>
14	<b>152017,274</b>	<b>259352,443</b>
15	<b>155659,748</b>	<b>257963,850</b>
16	159472,854	<b>242562,051</b>

X representa a transformação de Longitude em coordenada Plana Local.

Y representa a transformação de Latitude em coordenada Plana Local.

A Tabela III apresenta as coordenadas Planas Topográficas Locais (X,Y), pós transformação das coordenadas geodésicas (Latitude, Longitude) presentes na Tabela I, utilizando o *software* DataGeosis Office (Versão Demo 2008) que é especializado nesta transformação de coordenadas.

TABELA III  
Dados de saída do *software* DataGeosis Office

Ponto	X (m)	Y (m)
1 - Origem	150000,000	250000,000
2	141937,752	<b>242831,196</b>
3	<b>157019,812</b>	<b>238550,591</b>
4	<b>162340,773</b>	<b>249856,022</b>
5	<b>159544,698</b>	249282,134
6	149830,050	<b>235002,183</b>
7	<b>135681,443</b>	<b>250242,513</b>
8	<b>141160,225</b>	<b>254790,704</b>
9	<b>138979,422</b>	<b>242680,034</b>
10	<b>136400,552</b>	<b>245945,782</b>
11	<b>145746,360</b>	238134,437
12	<b>139564,351</b>	<b>253002,637</b>
13	149302,730	<b>262739,799</b>
14	<b>152017,275</b>	<b>259352,442</b>
15	<b>155659,749</b>	<b>257963,851</b>
16	159472,854	<b>242562,047</b>

X representa a transformação de Longitude em coordenada Plana Local.

Y representa a transformação de Latitude em coordenada Plana Local.

A Tabela IV apresenta a diferença plana (em metros) entre os pontos calculados com coordenadas planas topográficas locais (X, Y) pelo aplicativo em desenvolvimento e pelo *software* DataGeosis Office. Essa diferença foi calculada a partir da Equação (29).

TABELA IV

Distância Euclidiana entre os Pontos do aplicativo e do DataGeodis Office

Ponto	DE (m)
1 - Origem	0,00000
2	0,00272
3	0,00269
4	0,00400
5	0,00221
6	0,00290
7	0,00573
8	0,00359
9	0,00526
10	0,00526
11	0,00143
12	0,00370
13	0,00214
14	0,00103
15	0,00157
16	0,00350

Distância euclidiana (DE) entre os pontos calculados pelo aplicativo e pelo *software* DataGeosis Office

Através da Figura 6 é possível ver as oscilações dos resultados obtidos na Tabela IV quando comparadas à igualdade dos dados de saída do aplicativo e pelo *software* DataGeosis Office.

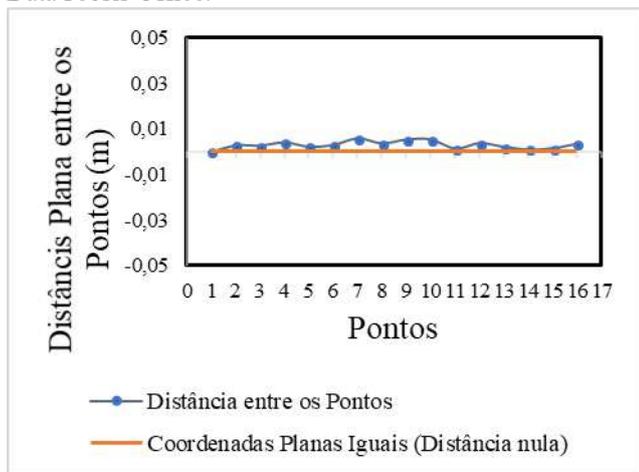


Figura 6. Comparativo gráfico entre as distâncias dos pontos obtidas pelo aplicativo e pelo DataGeosis Office em relação à reta que representa igualdade entre os pontos calculados.

Nota-se na Figura 6 que a discrepância entre as coordenadas foi relativamente baixa, pois mesmo no gráfico com amplitude de 0,05 m ou 5 cm, as oscilações entre as distâncias não atingiram a amplitude de 0,01 m ou 1 cm.

V. DEMONSTRAÇÃO VISUAL DA APLICAÇÃO

O aplicativo encontra-se desenvolvido, como apresentam as Figuras (7-11), demonstrando a interface gráfica de comunicação aplicativo - usuário.

A Figura 7 mostra a tela inicial ao inicial o aplicativo, onde encontram-se as opções de suas funcionalidades, embora fora abordada somente a opção Geodésia neste Artigo.



Figura 7. Tela inicial e menu do aplicativo.

Já a Figura 8, demonstra a tela que se abre ao escolher a opção Geodésia.

MÉTODO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL

Coordenadas Geodésicas

ABNT/NBR 14166

Coordenadas Geodésicas/UTM

PseudoUTM



Figura 8. Sub Menu da opção Geodésia do aplicativo.

A Figura 9 apresenta a tela que se abre ao escolher a opção ABNT/NBR 14166 (Figura 8), e onde foram adicionados os dados de entrada, cuja origem utilizada foi o Ponto 1 (Tabela 1), e calculados todos os resultados para os demais Pontos, denominados dados de saída (Tabela 2).

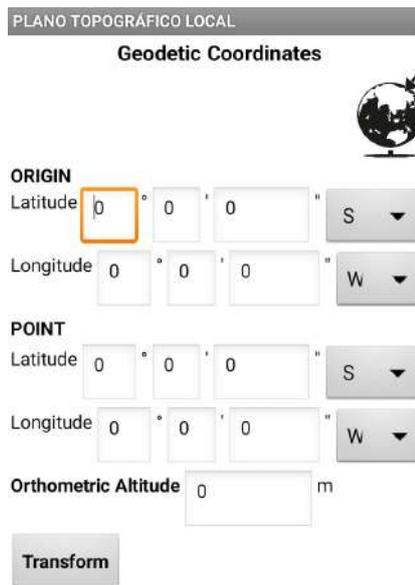


Figura 9. Tela do aplicativo para a opção ABNT/NBR 14166.

A Figura 10 apresenta o preenchimento da tela ABNT/NBR 14166 e como o *smartphone* Android se comporta para tal finalidade. Os valores inseridos são referentes ao Ponto 2 (Tabela 1).

PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL

Longitude 46 ° 35 ' 36.36 " W

POINT

Latitude 23 ° 39 ' 56.81 " S

Longitude 46 ° 44 ' 20.84 " W

Orthometric Altitude 764.000 m

Transform

1	2 ABC	3 DEF	←
4 GHI	5 JKL	6 MNO	
7 PQRS	8 TUV	9 WXYZ	
	0	.	Pronto

Figura 10. Preenchimento da tela ABNT/NBR 14166.

E por fim, a Figura 11 apresenta a tela de resultados para cada Ponto calculado após pressionar o botão *Transform* na tela ABNT/NBR 14166. Os valores obtidos nessa figura são resultados da transformação do Ponto 2 (Tabela 1) nos valores do Ponto 2 (Tabela 2).

COORDENADAS PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL	
<b>ORIGIN</b>	
Latitude	-23.6010805556
Longitude	-46.5934333333
<b>POINT</b>	
Latitude	-23.6657805556
Longitude	-46.7391222222
<b>Orthometric Altitude</b>	764.0000 m
<b>Coordinates of the Local Topographic Plan</b>	
X	135136.0798 m
Y	242825.8614 m

Figura 11. Resultado das coordenadas geodésicas transformadas em coordenadas planas locais (X, Y).

Como fica visível, na Figura 11 apresentam-se os valores das coordenadas geodésicas (Latitude, Longitude) em graus decimais, tanto da origem, quanto do Ponto que está sendo transformado em coordenadas planas topográficas locais (X, Y), além da altitude ortométrica média do Plano.

Após desenvolvido, o aplicativo E TOPO\* foi disponibilizado de forma gratuita à comunidade por meio de sítio específico, via um link para download diretamente no celular.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta compacta onde se possa agrupar alguns cálculos pertinentes à Engenharia de Agrimensura (principalmente a transformação de coordenadas e sistemas de referência), utilizando a plataforma virtual de desenvolvimento de aplicativos para Android do Google App Inventor 2, mantida pelo MIT, na qual é possível desenvolver gratuitamente aplicativos no formato APK, podendo ser facilmente

instalados em *smartphones* e *tablets* com o sistema operacional Android.

Espera-se que, além da facilidade de operação, a versão final do aplicativo seja disponibilizada de forma gratuita, tornando este fato como um dos atrativos para sua utilização de forma generalizada e sua portabilidade como uma das soluções definitivas para muitos dos problemas de engenharia. Intrinsecamente se espera a utilização de forma mais corriqueira das normas brasileiras, principalmente na implantação das redes de referência cadastral municipal, orientada pela norma NBR 14166 [13], na qual há a necessidade de criação do Plano Topográfico Local para a implantação de obras e serviços municipais.

No meio acadêmico-profissional, é importante buscar inovações dentro de todas as áreas do conhecimento, deste modo, a utilização de aplicativos que otimizam o tempo de processos e cálculos onerosos demonstram a facilidade que tais aplicativos trouxeram ao mundo.

A falta de ferramentas para o intercâmbio de informações entre a geodesia, a cartografia e a topografia são problemas importantes para o bom gerenciamento de projetos e obras, e, na falta destes recursos, são implementados de forma incorreta. *Softwares* proprietários, além de escassos no mercado, não abrangem todas as soluções necessárias, de tal modo, a transição de coordenadas de um plano de projeção cartográfica em coordenadas no plano topográfico local, necessário à materialização de um projeto sem o risco de erros gerados pela negligência dos efeitos da curvatura terrestre. Deste ponto de vista, este trabalho tem um caráter inovador, trazendo soluções inéditas na Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, realizando isto em dispositivos móveis de forma gratuita, podendo, a médio prazo, mudar paradigmas na comunidade técnica brasileira.

## REFERÊNCIAS

- [1] Emarketer. *2 Billion Consumers Worldwide to Get Smart(phones) by 2016* [online]. 2014. Acesso em 4 setembro 2017. Disponível em <http://www.emarketer.com/Article/2-BillionConsumers-Worldwide-Smartphones-by-2016/1011694>
- [2] Ramos, F. A. *Tecnologia de Informação e Comunicação (TICs) no Contexto Escolar*. 2012. 62f. Dissertação (Especialização) – Faculdade de Quatro Marcos. São José dos Quatro Marcos, 2012.
- [3] A. Farias, C. G. V. Cruz, É. Ramos, J. Belém, L. Souza and A. Morisson. *Comunicação interativa: aplicativo para dispositivos móveis voltados ao turismo em Belém do Pará*. In anais do Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação (XXXVI Intercom), Manaus, Amazonas, Brasil, 2013.
- [4] MIT. Massachusetts Institute of Technology: *App inventor Abouts, US* [online]. Acesso em 4 setembro de 2017. Disponível em <http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>
- [5] M. Tuler, S. Saraiva. *Fundamentos de geodésia e cartografia*. 2nd ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

\*Disponível em: [https://mega.nz/#F!0yoSHaQJ!M5po4W\\_cljYu2fxCjed3\\_g](https://mega.nz/#F!0yoSHaQJ!M5po4W_cljYu2fxCjed3_g)

- [6] L. A. K. Veiga, M. A. Z. Zanetti, P. L. Faggion. *Fundamentos de Topografia*. 2nd ed. Curitiba: UFPR, 2012.
- [7] M. A. Z. Zanetti. *Geodésia*. Curitiba: UFPR, 2007.
- [8] L. A. K. Veiga, M. A. Z. Zanetti, P. L. Faggion. *Fundamentos de Topografia*. 1st ed. Curitiba: UFPR, 2007.
- [9] L. C. Silveira. *Uso de coordenadas pseudo utm em locação de obras (HEs E PCHs)*. A Mira, Criciúma, Issue 170, 2014, Pages 36-39.
- [10] J. P. Cintra. *Sistema UTM*. São Paulo: EPUSP/PTR, 1993.
- [11] L. C. Silveira. *Convergência Meridiana*. A Mira, Criciúma, Issue. 160, 2011, Page 51.
- [12] UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Convergência Meridiana* [online]. Acesso em 27 setembro de 2017. Disponível em [http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/converg\\_exp.html](http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/converg_exp.html)
- [13] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas: *NBR14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento*. Rio de Janeiro, 1998.
- [14] G. L. Dal’Forno, A. J. Aguirre, F. L. Hillebrand and F. V. Gregório. *Transformação de coordenadas geodésicas em coordenadas no plano topográfico local pelos métodos da norma NBR 14166: 1998 e o de rotações e translações*. In Anais do Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (III SIMGEO), Recife, Pernambuco, Brasil, 2010.
- [15] G. L. Dal’Forno, M. I. R. Sampaio, A. J. Aguirre and F. L. Hillebran. *Levantamento planialtimétrico no plano topográfico local: estudo comparativo dos resultados obtidos a partir de métodos geodésicos e topográficos*. Journal of Geoscience (Gaea). São Leopoldo, Volume 5, Issue 2, July 2009, Pages. 51-60.
- [16] MUNDOGEO. *O Sigef* [online]. 2013. Acesso em 22 agosto de 2017. Disponível em <http://mundogeo.com/blog/2013/09/15/o-sigef/>
- [17] C. E. T. Pastana. *Topografia I e II*. Marília: UNIMAR, 2010.
- [18] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: *Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro* [online]. 2005. Acesso em 20 agosto de 2017. Disponível em [http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr_01_25fev2005.pdf)