

## APLICAÇÃO GEOESPACIAL PARA TRANSFORMAÇÃO DE ÁREAS EM PROJEÇÕES DERIVADAS DA TRANSVERSA DE MERCATOR

SAMOEL GIEHL<sup>1</sup>; ELIAS NASR NAIM ELIAS<sup>2</sup> LUCIENE STAMATO DELAZARI<sup>3</sup>; VIVIAN DE OLIVEIRA FERNANDES<sup>4</sup> REGIANE DALAZOANA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR) – [samoelgiehl@gmail.com](mailto:samoelgiehl@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR) – [elias\\_naim2008@hotmail.com](mailto:elias_naim2008@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR) – [luciene@ufpr.br](mailto:luciene@ufpr.br)

<sup>4</sup>Universidade Federal da Bahia (UFBA) – [vivian.fernandes@ufba.br](mailto:vivian.fernandes@ufba.br)

<sup>5</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR) – [regiane@ufpr.br](mailto:regiane@ufpr.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A superfície terrestre pode ser representada de diversas formas e para as mais variadas finalidades, podendo-se citar: modelos reduzidos, modelos digitais do terreno, mapas, cartas, globos, entre outros. De acordo com Rocha (1994) a representação da superfície terrestre por meio de globos apresenta grande vantagem, visto que permitem com que o usuário tenha uma boa ilustração da realidade. Contudo, a sua aplicação prática é limitada devido aos erros métricos associados com a representação. O mesmo autor ainda descreve que, a forma plana é a maneira mais utilizada para a representação de informações da superfície terrestre em função da sua praticidade.

As projeções cartográficas surgem pelo fato de ser impossível transformar uma superfície curva, como a superfície terrestre, em uma superfície plana, sem que haja deformações.

De acordo com Gaspar (2005), a conformidade de uma projeção implica que a forma de pequenos objetos seja conservada em detrimento da escala que se modifica, ou seja, mantém os ângulos próximos do valor “verdadeiro” e, conseqüentemente, ocasiona deformações nas distâncias. A projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) é uma projeção conforme derivadas da Transversa de Mercator (TM) onde os pontos sobre um elipsoide de referência são projetados para um cilindro transversal. Além da projeção UTM, são derivadas da TM, a projeção Regional Transversa de Mercator (RTM) e a projeção Local Transversa de Mercator (LTM). A Tabela 1 apresenta a localização do MC, a amplitude do fuso e o fator de escala no Meridiano Central (MC) para as projeções UTM, RTM e LTM.

Tabela 1 - Amplitude do fuso e fator de escala do MC das projeções UTM, RTM e LTM

Projeção	Amplitude do Fuso	Fator de escala no MC ( $k_0$ )
UTM	6°	0,9996
RTM	2°	0,999995
LTM	1°	0,999995

Fonte: Carvalho (1984).

A vantagem em utilizar as projeções RTM e LTM é a possibilidade da redução de distorções em áreas localizadas próximas as bordas do fuso UTM, uma vez que, as distorções tendem a aumentar na medida em que aumenta o

afastamento entre a área de estudo e o MC. De acordo com Silva, Frederico & Costa (2016), a projeção UTM apresenta distorções que podem alcançar um erro relativo de 1/1000, sendo que este valor está acima da tolerância de 1/5000 relacionada a projetos de engenharia.

O presente trabalho objetiva desenvolver uma aplicação geoespacial, em linguagem *Python*, para automatizar a escolha de uma projeção do sistema TM (UTM, RTM ou LTM) que melhor se adequa a uma determinada área de estudo por meio da análise da sua amplitude longitudinal ( $\Delta\lambda$ ) e a sua distorção de escala ( $k$ ), visto que, em projetos de engenharia utiliza-se com frequência a projeção UTM.

## 2. METODOLOGIA

O cálculo da distorção de escala para uma projeção TM através de um modelo elipsoidal (elipsoide GRS80) é obtido pela sequência das equações 1 a 4 (SNYDER, 1987):

$$\eta^2 = (e')^2 \cos^2 \varphi \quad (1)$$

$$t = tg(\varphi) \quad (2)$$

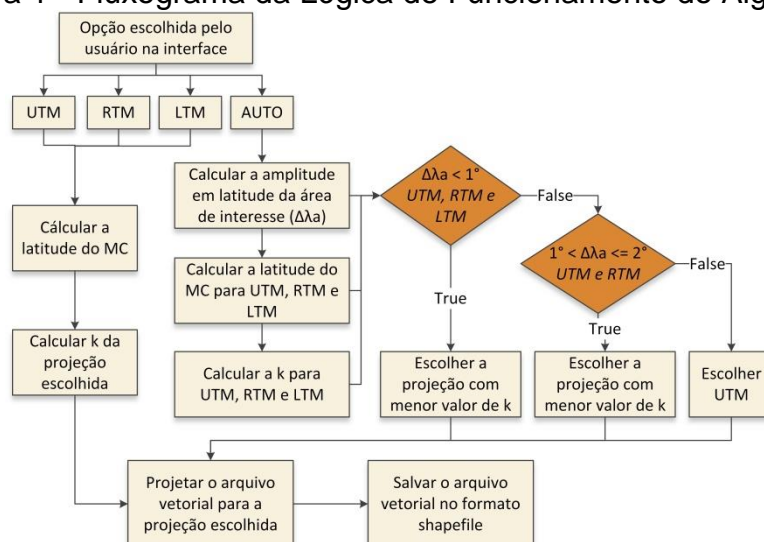
$$m = 1 + \frac{\Delta\lambda^2 \cos^2 \varphi}{2} (1 + \eta^2) + \frac{\Delta\lambda^4 \cos^4 \varphi}{24} (5 - 4t^2 + 14\eta^2 + 13\eta^4 - 28t^2\eta^2 + 4\eta^6 - 48t^2\eta^4 - 24t^2\eta^6) + \frac{\Delta\lambda^6 \cos^6 \varphi}{720} (61 - 148t^2 + 16t^4) \quad (3)$$

$$k = k_0 * m \quad (4)$$

Onde  $\eta$  e  $t$  são constantes,  $e'$  é a segunda excentricidade do elipsoide de referência,  $\varphi$  é a latitude do ponto que se objetiva avaliar a distorção,  $\Delta\lambda$  é a diferença de longitude geodésica entre o MC e o ponto desejado,  $m$  é a distorção de escala para qualquer projeção do sistema TM,  $k$  é a distorção de escala para uma projeção TM específica com valor de  $k_0$  (Tabela 1). O valor de  $\Delta\lambda$  adotado para o presente trabalho consiste na diferença entre a longitude geodésica do MC e a longitude geodésica do centroide da área.

O fluxograma da Figura 1 apresenta as etapas de funcionamento da aplicação. O usuário poderá transformar o seu arquivo em coordenadas geodésicas planas, por meio da escolha de um dos sistemas de projeções: UTM, RTM ou LTM. Além disso, quando o usuário escolher a opção AUTO, a aplicação realizará a transformação automática da projeção em um sistema UTM, RTM ou LTM, em função dos valores de  $\Delta\lambda$  e de  $k$ , conforme os seguintes critérios: (a)  $\lambda a < 1^\circ$ : escolher o sistema de projeção UTM, RTM ou LTM com o valor de menor de distorção de escala; (b)  $1^\circ < \Delta\lambda a \leq 2^\circ$ : escolher o sistema de projeção UTM ou RTM com o valor de menor de distorção de escala; e (c) outros valores de  $\Delta\lambda a$ : escolher o sistema de projeção UTM. Ressalta-se que somente devem ser inseridas áreas com no máximo  $6^\circ$  de amplitude longitudinal, conforme critério inerente das projeções TM e que esta área deve pertencer ao fuso UTM do Brasil na porção do Hemisfério Sul (HS).

Figura 1 - Fluxograma da Lógica de Funcionamento do Algoritmo



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Para a avaliação da aplicação, foram escolhidos os municípios de Resenha e Paranaguá, localizados no estado do Paraná, ambos com amplitude longitudinal menor que  $1^\circ$  para permitir a avaliação das projeções UTM, RTM e LTM em cada área. Também foi escolhida a Mesorregião Centro Oriental Paranaense (MCOP) com a amplitude longitudinal maior que  $3^\circ$ . Conforme apresentado na Figura 2, o município de Resenha (cor rosa) e Paranaguá (cor laranja) se localizam próximo ao centro e na borda direita do fuso 22, respectivamente. A Mesorregião Centro Oriental Paranaense (cor vinho) se localiza entre os dois municípios supracitados.

Figura 2 - Localização das Áreas de Estudo em Relação ao Fuso 22



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O código da aplicação em linguagem *python*, denominada TM\_Proj, está disponível em “[https://github.com/Giehl/TM\\_Proj](https://github.com/Giehl/TM_Proj)”. Conforme pode ser observado na Tabela 2, a projeção LTM apresentou a menor distorção para os municípios de Reserva e Paranaguá, ou seja, com o valor de  $k$  mais próximo do valor de um. No entanto, a projeção RTM apresentou a mesma distorção que a LTM no município de Reserva, uma vez que, as diferenças de longitude entre o MC e o centroide da

área ( $\Delta\lambda$ ) e o valor de  $k_0$  (Tabela 1) são os mesmos para ambas as projeções. Desse modo, o valor de  $k$  varia em função da posição geográfica das áreas em relação ao MC e do valor de  $k_0$ .

Tabela 2 - Resultados obtidos para as áreas de estudo

Município/ Região	Lon. Centroide	UTM		RTM		LTM		AUTO	
		$k$	MC	$k$	MC	$k$	MC	$k$	MC
Reserva	-50,96°	0,9996	-51°	0,99999	-51°	0,99999	-51°	0,9999	-51°
Paranaguá	-48,52°	1,00036	-51°	1,00024	-49°	0,99999	-48,5°	0,9999	-48,5°
MCOP	-50,23°	0,9996	-51°	-	-	-	-	0,9996	-51°

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Pelo fato da MCOP apresentar uma amplitude longitudinal maior que 3°, a projeção recomendada foi a UTM.

Quando for escolhida a opção AUTO na interface inicial, a aplicação fornece a projeção cartográfica mais recomendada da área desejada pelo usuário, conforme apresentado na última coluna da Tabela 2. Para o caso particular dos valores de  $k$  serem iguais para as projeções RTM e LTM numa mesma área, como ocorreu em Reserva, à aplicação faz uso da projeção LTM.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir das áreas de estudo foi possível evidenciar que nem sempre a projeção UTM, apesar de ser utilizada constantemente em projetos de Engenharia, é a que apresenta menores distorções. Neste sentido, pode-se recorrer às projeções RTM e LTM.

Por fim, a aplicação desenvolvida consistiu em um trabalho inicial sobre projeções cartográficas no sistema TM. Para futuros trabalhos, recomenda-se a melhoria do script para abranger uma área maior que a do Brasil (HS) e ainda incluir mais projeções. Também se recomenda que seja fornecido um relatório ao usuário com a avaliação das distorções em mais pontos da área e a plotagem das elipses de Tissot.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, Fernando Rodrigues de. **Cadastro Geoambiental Polivalente, Projeção TM (Conformede Gaus)**. Presidência da República. Informativo COCAR n. especial. Secretaria de Planejamento. Comissão de Cartografia. Brasília. Dezembro de 1984.

GASPAR, J. A. **Cartas e projeções cartográficas**. Lisboa: Editora Lidel, 2005.

ROCHA, R. dos S. **Proposta de Definição de uma Projeção Cartográfica para Mapeamento Sistemático em Grande Escala para o Estado do Rio Grande do Sul**. 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SNYDER, John Parr. **Map projections - A working manual**. US Government Printing Office, 1987.