



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CARLOS HUGO CAMPOS CAMACHO**

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS  
HIDROLÓGICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.**

**FORTALEZA**

**2018**

CARLOS HUGO CAMPOS CAMACHO

GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS  
HIDROLÓGICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos. Área de Concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. PhD. Marco Aurélio Holanda de Castro.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C17g Camacho, Carlos Hugo Campos.  
G^[ ] ! [ & ^ • • a q ^ } q a | Bca[ ÁÁ^c^!{ ã aBé[ Á^Á aé{ ^d[ •  
Cm: [ [ \* B[ • Á^ Á aBae ÁCm: [ \* ! aBae / Carlos Hugo Campos Camacho. – 2018.  
101 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Marco Aurelio Holanda de Castro.

1. Modelos Digitais de Elevação. 2. Parâmetros Hidrológicos. 3. Programação Python. 4.  
Geoprocessamento Digital. 5. Model Builder. I. Título.

CDD 627

---

CARLOS HUGO CAMPOS CAMACHO

GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS  
HIDROLÓGICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos. Área de Concentração: Recursos Hídricos.

Aprovada em: 06 / 02 /2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. PhD. Marco Aurélio Holanda de Castro (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco de Assis de Souza Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Eduardo Henrique Borges Cohin Silva  
Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EP-UFBA)

Aos meus pais, Walter e Dora.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de estudos.

Ao Professor PhD. Marco Aurélio Holanda de Castro, pela excelente orientação.

Ao corpo de professores do POSDEHA, em especial aos professores Francisco de Assis, Nilson Campos, Ticiania Studart, John Kennedy Araújo, Fernando Araújo e Jose Capelo.

Aos colegas do Laboratório de Hidráulica Computacional: Marcelo, Erlandson, Bruno, Vicente e Adrya pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

## RESUMO

O uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para a determinação dos parâmetros morfológicos teve uma ascensão meteórica nas últimas três décadas. A disponibilidade dos bancos de dados no Brasil por meio das instituições públicas permite uma melhoria no processo de parametrização da Bacia Hidrográfica. Neste trabalho, será desenvolvida uma metodologia para automatizar o uso dos dados públicos pré-processados, calibrados e fornecidos pelas Agências Públicas no Brasil e o uso desses recursos para combiná-las com dados livres fornecidos pelas instituições estrangeiras de gestão do meio ambiente. Será apresentada uma ferramenta computacional em Script de Python para seu uso em Geoprocessamento no programa ArcGIS e o resultado vai ser os parâmetros morfológicos de uma bacia hidrográfica para seu uso no modelagem hidrológico – hidráulico em diversos programas. O uso da ferramenta fica no objetivo de maximizar o uso das bases de dados atuais, mas também é aberto para seu uso com futuras bases de dados de novos projetos em desenvolvimento.

**Palavras-chave:** Modelos Digitais de Elevação. Parâmetros Hidrológicos. Script Python. Geoprocessamento. Model Builder.

## **ABSTRACT**

The use of Geographic Information Systems (GIS) for the determination of morphological watershed has had a meteoric rise in the last three decades. The availability of the databases in Brazil through the public institutions, allows an improvement in the parameterization process of the Hydrographic Basin. In this work, we will develop a methodology to automate the use of public data pre-processed, calibrated and provided by Public Agencies in Brazil and the use of these resources to combine them with free data provided by foreign institutions of environmental management. A computational tool will be developed in Python Script for use in Geoprocessing in the software ArcGIS and the result will be the watershed parameters of a basin for its use in hydrological - hydraulic modeling in various software. The use of the tool is maximizing the use of current databases, but is also open for use with future databases of new projects under development.

**Keywords:** Digital Elevation Models. Morphological Watershed. Script Python. Geoprocessing. Model Builder.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Sistema de Informação Geográfica e seus componentes.....	15
Figura 2	- Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica.....	16
Figura 3	- Camadas num SIG.....	17
Figura 4	- Linha de costa representada na forma matricial (raster).....	19
Figura 5	- Representação de objetos ponto, linha e polígono usando o modelo de dados vetorial.....	20
Figura 6	- Aparelhos GPS. esq. GPS Navegador, cen. Janela GPS Dados, der. GPS Topografico.....	22
Figura 7	- Etapas de Processamento Projeto Topodata.....	25
Figura 8	- Bases de Dados de Acesso Livre com a data de disponibilidade e a resolução espacial.....	26
Figura 9	- Níveis Ottobacias. Esq. Nível 1, der. Nível 3.....	26
Figura 10	- Plataforma ArcGIS for Desktop.....	28
Figura 11	- Janela principal do programa ArcMap em vermelho mostrase o grupo de ferramentas ArcToolBox.....	29
Figura 12	- Exemplo do Fluxograma em Model Builder.....	30
Figura 13	- Exemplo do Código exportado do Model Builder.....	31
Figura 14	- Componentes Sistema UFC.....	32
Figura 15	- Estágios da Coleta de Dados e Análise da Informação.....	34
Figura 16	- Fluxograma de Desenvolvimento do Plug-in UFC11.....	35
Figura 17	- Exemplos faixas de distância.....	36
Figura 18	- Criação dos Polígonos de Thiessen.....	37
Figura 19	- Análise Booleana. Esq. AND, Dir. OR.....	38
Figura 20	- Análise Booleana. Esq. XOR, Dir. NOT.....	39
Figura 21	- Sobreposição Aritmetica. Soma Pixel a Pixel.....	39
Figura 22	- DEM Nascentes da Bacia do Açude Sítios Novos.....	39
Figura 23	- Códigos para o Flow Direction (Direção de Fluxo) .....	40
Figura 24	- Modelo Digital de Elevação (esq) e direções de fluxo (der) .....	40
Figura 25	- Acumulação de Fluxo (esq) e a Rede de Drenagem (dir) para o DEM da figura 30. ....	41
Figura 26	- Processo de preenchimento e corte de sumidouros e picos.....	42

Figura 27	- Shapefile Bacia e seus arquivos associados.....	43
Figura 28	- Zonas do Sistema UTM WGS 84 correspondentes ao Brasil.....	44
Figura 29	- Grade Topodata com os dados do MDE para o Brasil.....	45
Figura 30	- Shapefile contendo os polígonos das Ottobacias para o Brasil. Esq. Nível 1 e der. Nível 6.....	46
Figura 31	- Postos Pluviométricos para o Brasil.....	47
Figura 32	- Fluxograma dos Comandos do Plug-in UFC11.....	49
Figura 33	- Pastas e Arquivos da pasta UFC11.....	50
Figura 34	- (esq) mostrase o Ponto de Análise e a Bacia correspondente, (der) mostra as cartas do Topodata correspondentes depois da descarrega.....	52
Figura 35	- Diagrama de Processos. Model Builder no ARCGIS.....	54
Figura 36	- Janela Principal do ArcGIS mostrando o Plug-in UFC11.....	59
Figura 37	- Grupo de Ferramentas desenvolvidas no Plug-in UFC11.....	59
Figura 38	- Janela do Comando 00 Limpar.....	60
Figura 39	- Janela do Comando 01 Ponto.....	61
Figura 40	- Janela do Comando 02 Topodata.....	61
Figura 41	- Janela do Comando 03 Drenagem.....	62
Figura 42	- Janela Resultado do Comando 03 Drenagem.....	62
Figura 43	- Janela do Comando 04 Bacia.....	63
Figura 44	- Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Bacia Hidrográfica, Rede de Drenagem e o Talvegue Principal.....	63
Figura 45	- Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Bacia Hidrográfica e Curvas de Nivel.....	64
Figura 46	- Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Modelo Digital de Elevação...	64
Figura 47	- Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Polígonos de Thiessen e Postos Pluviométricos.....	65
Figura 48	- Janela do Comando 05 Nova Bacia.....	65
Figura 49	- Comparativa Bacias Rodovia Itapebussu	66
Figura 50	- Curva Tamanho do Archivo (pixels) VS Tempo de Proceso (Hrs. - Vertical).....	67

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
WGS 84	World Geodetic System (Sistema Geodésico Mundial) de 1984
SAD 69	South American Datum (Sistema Geodésico para América do Sul) de 1969
SIRGAS 2000	Sistema de Referencia Geocêntrico para as Américas de 2000

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Sistemas de Informação Geográfica.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.1</b>	<b><i>Estruturação de um SIG.....</i></b>	<b>16</b>
<b>2.1.1.1</b>	<i>Divisão vertical da informação. Camadas.....</i>	<b>16</b>
<b>2.1.1.2</b>	<i>Componente Espacial.....</i>	<b>17</b>
<b>2.1.1.3</b>	<i>Componente Temático.....</i>	<b>18</b>
<b>2.1.1.4</b>	<i>Modelo Raster.....</i>	<b>18</b>
<b>2.1.1.5</b>	<i>Modelo vetorial.....</i>	<b>19</b>
<b>2.1.2</b>	<b><i>Fontes principais de dados espaciais.....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.1.2.1</b>	<i>Fontes primarias e fontes secundarias.....</i>	<b>20</b>
<b>2.1.2.2</b>	<i>GPS.....</i>	<b>21</b>
<b>2.1.2.3</b>	<i>Teledeteção.....</i>	<b>22</b>
<b>2.1.2.3.1</b>	<i>Resoluções.....</i>	<b>23</b>
<b>2.1.2.3.2</b>	<i>O Modelo Digital de Elevações.....</i>	<b>24</b>
<b>2.1.2.4</b>	<i>Cartografia Digital Existente.....</i>	<b>26</b>
<b>2.1.3</b>	<b><i>Software ArcGIS.....</i></b>	<b>27</b>
<b>2.1.3.1</b>	<i>Model Builder de ArcGIS.....</i>	<b>30</b>
<b>2.2</b>	<b>Linguagem Python.....</b>	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Coleta de Dados e elaboração de base de dados.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise da Informação Coletada.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3</b>	<b>Desenvolvimento do Aplicativo UFC11 na Plataforma ArcGIS.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Geoprocessamento.....</i></b>	<b>35</b>
<b>3.3.1.1</b>	<i>Junção Espacial.....</i>	<b>36</b>
<b>3.3.1.2</b>	<i>Geração de faixas de distância (buffer).....</i>	<b>36</b>
<b>3.3.1.3</b>	<i>Polígonos de Thiessen.....</i>	<b>37</b>
<b>3.3.1.4</b>	<i>Reclassificação.....</i>	<b>38</b>
<b>3.3.1.5</b>	<i>Sobreposição.....</i>	<b>38</b>

3.3.1.5.1	Análise booleana.....	38
3.3.1.5.2	Análise Aritmetica.....	39
3.3.2	<b>Calculo de bacias hidrográficas e canais.....</b>	39
3.3.3	<b>Fundamentos no desenvolvimento do aplicativo UFC11.....</b>	42
3.3.3.1	<i>Uso da Base de Dados Topodata do INPE.....</i>	44
3.3.3.2	<i>Uso da classificação hidrológica Ottobacias fornecida pela ANA.....</i>	45
3.3.3.3	<i>Uso dos Postos Pluviométricos fornecidos pela ANA.....</i>	46
3.4	<b>Uso da IDE Pycharm.....</b>	47
3.5	<b>Uso do Módulo arcpy.....</b>	48
3.6	<b>Comandos Desenvolvidos em Python.....</b>	48
3.6.1	<i>Comando 00 Limpar.....</i>	51
3.6.2	<i>Comando 01 Ponto.....</i>	51
3.6.3	<i>Comando 02 Topodata.....</i>	51
3.6.4	<i>Comando 03 Drenagem.....</i>	54
3.6.5	<i>Comando 04 Bacia.....</i>	55
3.6.6	<i>Comando 05 Nova Bacia.....</i>	58
4	<b>RESULTADOS.....</b>	58
4.1	<b>Plugin UFC11.....</b>	59
4.2	<b>Comparativa de Tempo de Processamento Computacional.....</b>	66
5	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	67
5.1	<b>Conclusões.....</b>	68
5.2	<b>Recomendações.....</b>	68
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	69
	<b>ANEXO A - MANUAL DO USUARIO UFC11.....</b>	72
	<b>ANEXO B - MANUAL BASICO PYTHON .....</b>	89

## 1 INTRODUÇÃO

O nascimento das civilizações antigas é ligado a uma fonte de água doce. As culturas do Vale do Indo (rio Indo – Paquistão e Índia), antigo Egito (rio Nilo), Mesopotâmia (rios Tigris e Eufrates), antiga china (rios Yangtzé e Amarelo) e Roma (rio Tiber) foram ligadas a interação com o rio (MAYS, 2010).

As pessoas moravam nas proximidades das fontes de água e quando dela tinha necessidade iam busca-la (CAMPOS, 1999). Foi o acesso à água o que permitiu o florescimento das grandes civilizações antigas.

Os processos hidrológicos e problemas de recursos hídricos geralmente são investigados pelo meio do uso de modelos de distribuição de bacias. Estes modelos de bacias necessitam informação fisiografia (parâmetros morfológicos) como a configuração da rede de drenagem, a determinação dos divisores de bacias, assim como o comprimento e declividade do talvegue principal (MAIDMENT & DJOKIC, 2000).

Tradicionalmente esses parâmetros obtém-se de mapas e levantamentos no loco, tendo o último, um custo elevado. Nas últimas três décadas esta informação foi obtida mais frequentemente das representações digitais da topografia, geralmente pelo sensoriamento remoto (uso de satélites) e a calibração com dados de coordenadas conhecidas (MAIDMENT & DJOKIC, 2000).

### 1.1 Objetivo Geral

O desenvolvimento de um plug-in integrado ao programa ArcGIS para á partir de um ponto de interesse (ponte ou barragem) possa descarregar os dados necessários do Modelo Digital de Elevação disponível no website do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), limitar a área do trabalho e fazer a determinação dos parâmetros hidrológicos da bacia de interesse, para seu uso na modelagem hidrológico e hidráulico.

### 1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos podem ser citados:

- Desenvolvimento de um plug-in, integrando o programa ArcGIS com a base de dado Topodata do INPE, e os dados livres disponíveis pela ANA.
- Automação da análise morfológica da bacia hidrográfica, usando a melhor configuração dos parâmetros, procurando a menor interação do usuário, para prevenção de possíveis erros na configuração das ferramentas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

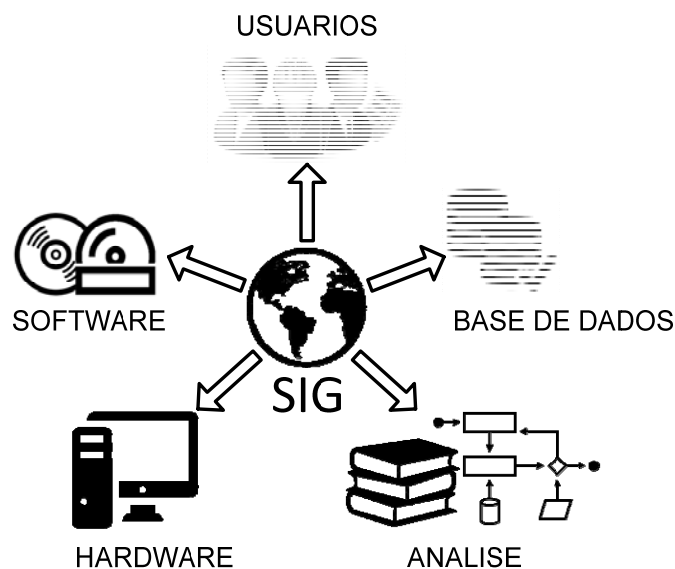
Um Modelo Digital de Elevação (DEM) é uma representação digital da superfície do terreno. Geralmente é representada como uma rede (raster), um grade de quadrados onde cada pixel representa uma área do terreno com um único valor de elevação.

Esta representação tridimensional da superfície terrestre e informação básica que deve recopilar-se. Ainda que o DEM pode estabelecer-se pelo meio do levantamento topográfico, e comum fazê-lo pelo uso de técnicas de teledeteção (ARANA et al, 2012).

### 2.1 Sistemas de Informação Geográfica

O SIG (Sistema de Informação Geográfica) pode-se definir como “o sistema composto por elementos informáticos (hardware e software) e métodos desenhados para permitir a aquisição, gestão, análise e saída de dados espacialmente referenciados, que ajudam a resolver problemas de planificação e gestão” (GARCIA, VALLS e MOIX, 2011). São sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geograficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica e uma característica inerente a informação e indispensavel para analisa-la (CAMARA et al, 1996).

Figura 1 – Sistema de Informação Geográfica e seus componentes.



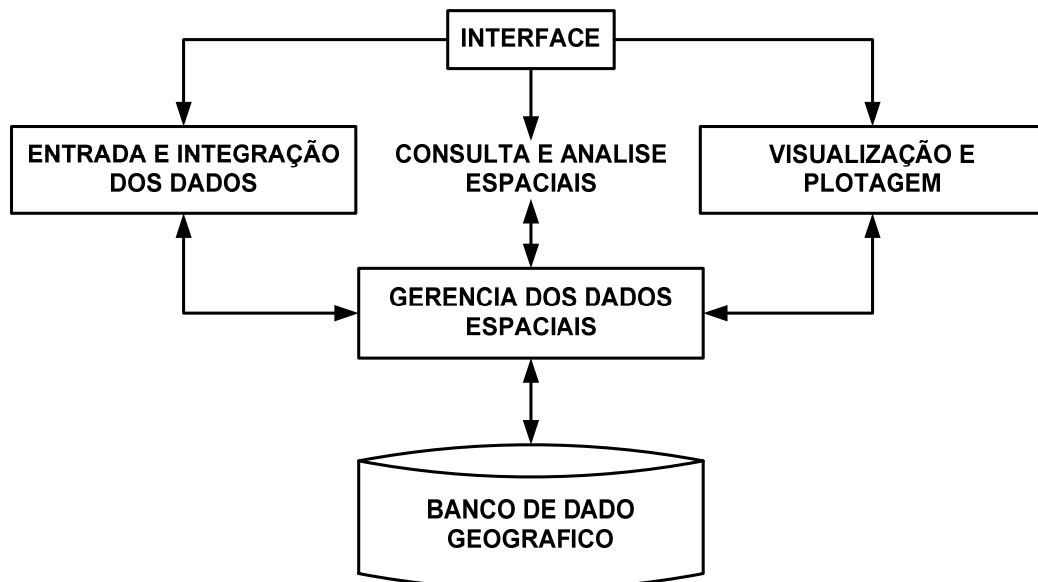
Fonte: O Autor (2017).

O Sistema de Informação Geográfica tem a capacidade de atualização, compartilhamento, divulgação e especialmente de armazenamento e gerenciamento de dados geográficos (gráficos), e tabulares (SANTOS e SOUZA, 2007). Sua capacidade de reunir grandes quantidades de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os, torna-os uma ferramenta essencial para a manipulação das informações

geográficas (SANTOS e SOUZA, 2007). De forma geral podem-se identificar os seguintes componentes mínimos na arquitetura necessária num programa SIG (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010).

- Interface com usuário.
- Entrada e integração dos dados.
- Consulta, análise espacial e processamento de imagens.
- Visualização e plotagem.
- Armazenamento e recuperação de dados.

Figura 2 – Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica.



Fonte: Adaptado de Santos, Louzada & Eugenio (2010).

### 2.1.1 Estruturação de um SIG

Os dados de um SIG são geralmente organizados sob a forma de um banco de dados geográficos. Um sistema de gerencia de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (CAMARA et al, 1996). No contexto de aplicações de SIG, o mundo real é frequentemente modelado segundo duas visões complementares: componente espacial e componente temático (CAMARA et al, 1996).

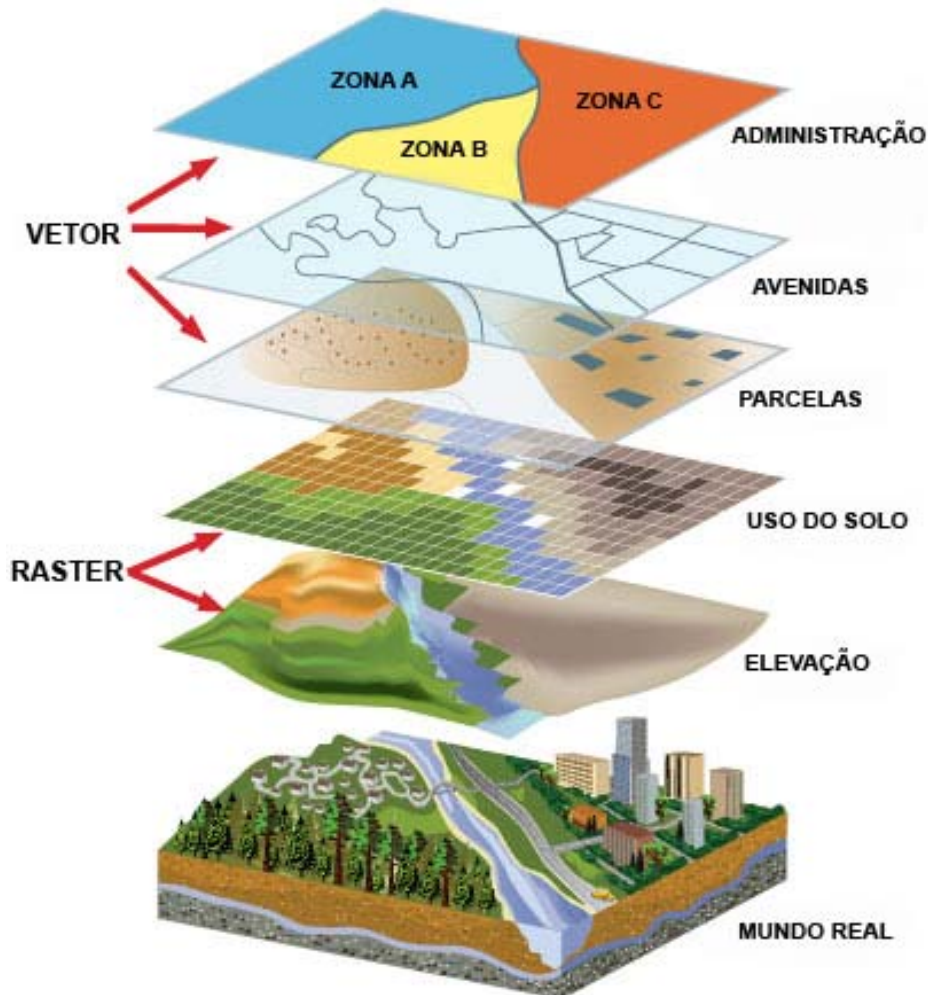
#### 2.1.1.1 Divisão vertical da informação. Camadas

Um dos grandes êxitos dos SIG e sua estrutura de manejo de informação geográfica, que facilita todas as operações que se faz com esta. O conceito de camada é o procedimento mais importante respeito a capacidade do sistema em executar a sobreposição de camadas de dados espaciais (FITZ, 2008).



Essas camadas são georreferenciadas, isto é, estão vinculadas a um banco de dados georreferenciados e podem ser livremente manipuladas, gerando informações adicionais às preexistentes (FITZ, 2008)

Figura 3 – Camadas num SIG.



Fonte: ESRI (2017).

A figura anterior mostra a razão de chamar a este tipo de divisão de vertical, já que de ela resulta uma série de diferentes níveis que podem-se sobrepor segundo o critério de cada usuário do SIG.

Toda a informação geográfica num SIG vai ser em camadas. Cada uma dessas capas pode usar-se só ou em conjunto com outras na combinação desejada (OLAYA, 2012).

#### 2.1.1.2 Componente Espacial.

São os fenômenos do mundo real que deseja-se representar (estradas, lotes, lagos, etc.). Sua representação pode ser vetorial (que são representados por pontos, linhas ou polígonos), ou matricial, onde a unidade é o pixel (SANTOS e SOUZA, 2007).

### **2.1.1.3 Componente Temático.**

São conjuntos de dados tabulares do SIG. Tem as propriedades de qualquer banco de dados tabulares, com variáveis dispostas nas colunas (cujos nomes funcionam como chave de identificação do conteúdo das células) e registros de dados dispostos nas linhas.

Cada arquivo cartográfico no SIG possui um banco de dados relacionado a cada objeto geográfico, sendo que sua ligação é invisível para o usuário, mas extremamente importante para as análises a serem feitas (SANTOS e SOUZA, 2007).

### **2.1.1.4 Modelo Raster**

O modelo Raster designa células retangulares, mas na maioria das vezes é usado como termo genérico para a representação matricial. Células retangulares são também chamadas de pixels, e para cada uma destas coletasse a informação que a descreve (CAMARA et al, 1996).

Ainda que a rede de células pode conter informação de várias variáveis, o habitual é que seja só uma variável. A divisão do espaço é feita sistematicamente de acordo com algum padrão, de modo que tem uma relação entre as células, estas são contíguas, cobrem todo o espaço, e não se sobrepõem (OLAYA, 2012).

Os SIG geralmente limitam-se a modelos de células quadradas (OLAYA, 2012). Em todos os casos, a divisão em células não depende da variável estudada, é uma divisão geográfica.

Dois são os elementos principais que resultam necessários para uma camada raster (FITZ, 2008):

- Cada pixel apresenta um par de coordenadas planas ou geográficas.
- Um conjunto de valores z associado, correspondentes as células.

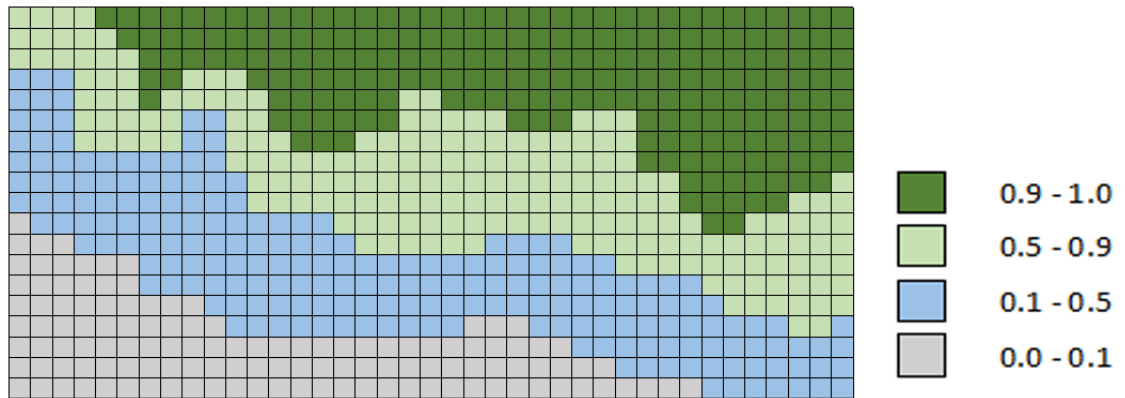
O mais habitual é definir a localização de uma única célula (geralmente a superior esquerda), uma orientação e uma distância entre as células (passo da rede). Outro parâmetro necessário é o tamanho da célula ou tamanho de pixel, também conhecido como resolução.

Muitos são os fatores que influem no tamanho da célula, entre eles as características dos dados iniciais com o que são criados a camada ou os médios com que estes são coletados.

O formato raster é especialmente adequado para o análise da informação geográfica, em especial de tipo contínuo (OLAYA, 2012).

As imagens mesmo se procedem de um sensor digital ou escaneadas, geram uma estrutura que se ajusta ao modelo raster.

Figura 4 – Linha de costa representada na forma matricial (raster)



Fonte: Adaptado de Longley et al, (2013).

Produtos advindos do sensoriamento remoto, como imagens de satélites e fotografias aéreas digitais, além de mapas digitalizados, utilizam o formato raster para o armazenamento (FITZ, 2008).

#### 2.1.1.5 Modelo vetorial

Outro modelo principal de representação é o modelo vetorial. Neste modelo, se coleta a variabilidade e características desta por entidades geométricas, para cada uma das quais as características são constantes (OLAYA, 2012).

A estrutura vetorial é composta por três primitivas gráficas (pontes, linhas e polígonos) e utiliza um sistema de coordenadas para a sua representação. Os pontos são representados por apenas um par de coordenadas, ao passo que linhas e polígonos são representados por um conjunto de pares de coordenadas (FITZ, 2008). Utilizando pontos, linhas ou polígonos, pode-se modelizar o espaço geográfico se associasse a estas geometrias uma série de valores.

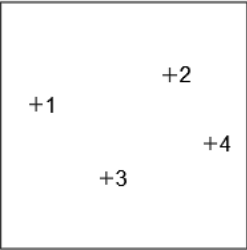
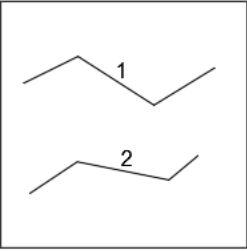
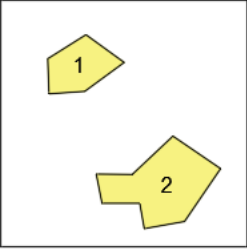
O componente espacial da informação fica na própria geometria (coleta a figura, posição e outras propriedades espaciais), e a componente temática fica nos valores associados (tabela de atributos) (OLAYA, 2012).

Num SIG, uma camada vetorial pode conter só um único tipo de geometria primitiva. De acordo com a escala utilizada e do tipo de fenômeno que pretendesse modelizar, as entidades podem receber diferentes caracterizações (FITZ, 2008)

O componente temático no modelo vetorial ao conjunto de elementos geométricos relacionasse com uma série de valores, que são as propriedades da entidade. Estes valores, os

atributos, a diferença dos raster, podem ser múltiplos e são armazenados numa base de dados de atributos anexa ao arquivo (OLAYA, 2012).

Figura 5 – Representação de objetos ponto, linha e polígono usando o modelo de dados vetorial.

PONTOS	NUMERO DO PONTO	COORDENADAS (X,Y)
	1	(2,4)
	2	(3,2)
	3	(5,3)
	4	(6,2)
POLILINHAS	NUMERO DA POLILINHA	COORDENADAS (X,Y)
	1	(1,5) (3,6) (6,5) (7,6)
	2	(1,1) (3,3) (6,2) (7,3)
POLIGONOS	NUMERO DO POLIGONO	COORDENADAS (X,Y)
	1	(2,4) (2,5) (3,6) (4,5) (3,4) (2,4)
	2	(3,2) (3,3) (4,3) (5,4) (6,2) (5,1) (4,1) (4,2) (3,2)

Fonte: Adaptado de Longley et al, (2013).

### 2.1.2 Fontes principais de dados espaciais

As origens dos dados num SIG podem ser variadas e apresentar-se em diversas formas. A metodologia seguida na coleta de dados condiciona as operações que temos que fazer com eles para adaptá-los num trabalho concreto (OLAYA, 2012).

Um SIG implica uma aplicação informática, e está alimentada exclusivamente de dados digitais.

Os custos com a coleta de dados podem representar até 85% do custo total de um SIG (LONGLEY, 2013).

#### 2.1.2.1 Fontes primárias e fontes secundárias

Os dados primários são aqueles que podem ser usados num SIG e que são susceptíveis de serem submetidos às operações de gestão e análise.

Neste grupo encontra-se as imagens digitais dos satélites e os dados obtidos com GPS, todos eles coletados de jeito adequado para seu uso direito num SIG (OLAYA, 2012).

### 2.1.2.2 GPS

O conceito de GNSS (Global Navigation Satellite Systems) é o termo estandar generico que abrange os Sistemas de Navegação por Satélite que fornece uma posição geoespacial com cobertura global (BERNE J.L. et al, 2014), que permitem a obtenção de coordenadas geográficas de modo imediato foi uma referencia na coleta de dados.

Um GNSS é um sistema que tem como objetivo a determinação das coordenadas espaciales de pontos, sites em qualquer local do planeta, em qualquer momento do dia, com um erro de poucos metros (HUERTA, 2005)

O mais conhecido GNSS é o Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System ou GPS), posto em funcionamento por o Departamento de Defesa dos Estados Unidos. O GPS e GLONASS são os sistemas GNSS atualmente em operação (BERNE J.L. et al, 2014).

O funcionamento baseia-se na triangulação da posição pelo meio dos sinais de um certo número de satélites. Esta posição calculasse em suas coordenadas x, y e z. O sistema GPS tem como sistema geodésico de referencia o WGS84.

O numero minimo de satelites necessarios para a determinação tridimensional é quatro (MENDIZABAL J. et al, 2009) e obtém-se a posição (x; y; z). Um número maior é necessário, para efetuar correções.

Os dados que permitem fazer a correção obtém-se por internet por uma conexão sem fios ou utilizar uma serie de satélites adicionais. A correção pode se realizar no próprio aparelho ou depois usando software adequado fornecido no mesmo aparelho.

Existe uma grande variedade de aparelhos receptores segundo seu uso principal. Os seguintes são os tipos principais em função de seu uso:

**GPS para uso geral.** – São de facil manuseio para usos de lazer e outros que não necessitam um alto nivel de precisão da locação (MCNAMARA, 2004), são de baixo custo, comumente chamados navegadores.

Os dispositivos móveis (smartphone, câmeras fotográficas e smartwatch) podem aproveitar os receptores GPS que tem incorporado e coletar dados com ajuda de software, e com a conexão a internet podem fazer a correção das coordenadas.

Os aparelhos smartphone de alta qualidade (Iphone, Galaxy S, Motorola G), possuem além da conexão com o sistema GPS, também a conexão com o sistema GLONASS russo e com o sistema chinês COMPASS, e com seu software podem fazer uma correção dos dados coletados, além da conexão no internet.

**GPS para a medição topográfica.** - Unidades de tamanho meio, geralmente com uma antena independente que conectasse ao aparelho.

São usados em trabalhos topográficos, onde a necessidade de precisão e menor ao centímetro por razões legais ou praticas.

São aparelho com muita precisão e armazenamento maior de dados. São maiores, de uso complexo e custo elevado (MCNAMARA, 2004).

O GPS é útil na localização de elementos pontuais complementares à base cartográfica. É extremamente importante que o receptor (aparelho) seja configurado para o sistema geodésico de trabalho (SANTOS e SOUZA, 2007).

Figura 6 – Aparelhos GPS. esq. GPS Navegador, cen. Janela GPS Dados, der. GPS Topografico.



Fonte: Garmin Technologies (2017), Playstore (2017).

### 2.1.2.3 Teledeteção

A teledeteção é uma fonte de dados principal nos SIG, e uma das mais bem sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoração dos recursos terrestres em escala global (MENESES & ALMEIDA, 2012).

Num sistema de teledeteção, dois são os elementos tecnológicos principais: o sensor e a plataforma.

A perfeita combinação dessas duas tecnologias, satélites artificiais (plataforma) e sensores, talvez tenha sido um dos maiores benefícios do desenvolvimento tecnológico a serviço do levantamento dos recursos naturais (MENESES & ALMEIDA, 2012).

Uma divisão básica dos sensores são os sensores ativos e sensores passivos.

Os sensores passivos aproveitam as fontes de radiação existentes na natureza e coletam a radiação refletida pelo meio.

Os sensores passivos coletam a radiação refletida ou emitida na superfície da Terra, por meio de satélites (SANTOS & SOUZA, 2007).

Os sensores ativos tem a propriedade de emitir a própria radiação e de captar o sinal de retorno, como, por exemplo, os radares, que podem operar sob todas as condições meteorológicas e também no escuro (SANTOS & SOUZA, 2007).

Isto permite a geração de camadas de dados de elevação (Modelos Digitais de Elevação), no qual o tempo de retorno é relacionado com sua distância percorrida da radiação, e este com o relevo do terreno (OLAYA, 2012).

#### **2.1.2.3.1 Resoluções**

Um dos parâmetros principais de um sistema de teledeteção são as resoluções. Estas dependem do sensor e da plataforma. Consideram-se quatro tipos:

**Resolução Espacial.-** Representa a capacidade do sensor de distinguir objetos. Ela indica o tamanho do menor elemento da superfície individualizado pelo sensor, depende principalmente do detector, da altura do posicionamento do sensor em relação ao objeto (MORAES, 2010).

**Resolução Espectral.-** Refere-se a largura espectral em que opera o sensor. Portanto, ela define o intervalo espectral no qual são realizadas as medidas, e conseqüentemente a composição espectral do fluxo de energia que atinge o detector (MORAES, 2010).

**Resolução Radiométrica.-** Define a eficiência do sistema em detectar pequenos sinais, ou seja, refere-se a maior ou menor capacidade do sistema sensor em detectar e registrar diferenças na energia refletida e/ou emitida pelos elementos que compõe a cena (MORAES, 2010).

**Resolução Temporal.-** Esta relacionada com a repetitividade com que o sistema sensor pode adquirir novamente informações referentes ao objeto (MORAES, 2010).

### 2.1.2.3.2 O Modelo Digital de Elevações

O Modelo Digital de Elevações (DEM) é uma superfície em 3 dimensões (3D), sendo a melhor representação em 3D de toda area. Os dados de campo são obtidos pelo sensoriamento remoto usando sensores instalados em satélites, a precisão disponível varia pelo sensor usado (JOHNSON, 2008).

O Modelo Digital de Elevações geralmente são realizados usando técnicas fotogramétricas ao partir de estereofotos, imagens de satélite, ou interpolação de dados digitais de elevação (JOHNSON, 2008).

O DEM é geralmente um arquivo raster com um grade de células quadradas que contém a elevação como dado, a célula é chamada pixel. A localização é estabelecida pelas colunas e linhas contidas no arquivo raster, que tem informação dos bordos (JOHNSON, 2008).

**SRTM.-** O Projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) é o resultado do esforço da colaboração entre a NASA, a NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) e a participação das agências espaciais de Alemanha e Itália, para gerar um DEM da Terra usando um radar de interferência (USGS, 2017).

Foi desenvolvido pela NASA no ano 2000, obtendo dados 3D de 80% da superfície do planeta Terra em 10 dias com uma velocidade de mapeamento de 1,747 km<sup>2</sup> (equivalente ao mapeamento do Estado de Florida em 97.5 s).

O projeto SRTM fornece dados do DEM com a resolução 30 m para os Estados Unidos e 90 m para o resto do mundo (DIXON, 2016).

**TOPODATA.-** O projeto Topodata é uma base de dados topográfica feita para fornecer dados geomorfológicos básicos do território do Brasil.

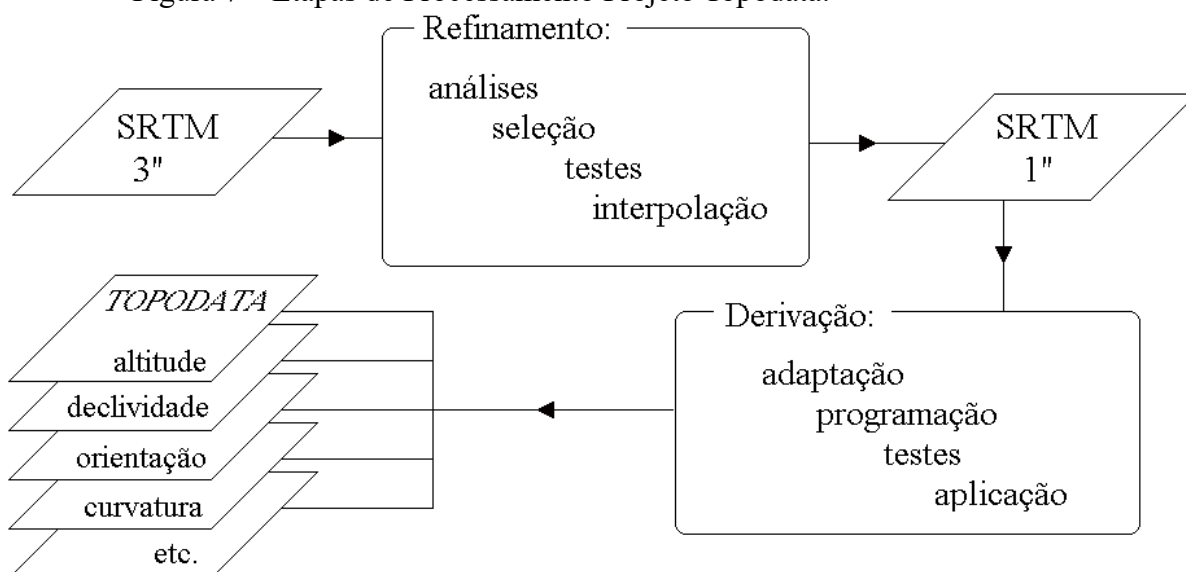
A livre disponibilidade dos dados de elevação para América do Sul do projeto SRTM, permitiu este esforço, já que sua aquisição em condições homogêneas permitiu realizar o processamento de maneira coerente (VALERIANO & ROSSETI, 2012).

A construção da base de dados teve como objetivo melhorar a contribuição do SRTM, pelo meio da calibração com pontos de topografia conhecida, o preenchimento de locais sem dados e a redistribuição da resolução de 90m até 30m (VALERIANO & ROSSETI, 2012).

Os dados são disponibilizados em formatos correspondentes às etapas de processamento dos dados SRTM, de acordo com o fluxograma seguinte (ROSSETI, 2009).



Figura 7 – Etapas de Processamento Projeto Topodata.



Fonte: Rosseti (2009).

Após o preenchimento de falhas dos dados originais SRTM, estes foram convertidos em arquivos ASCII (.txt) estruturados em colunas x,y,z, que constituem um primeiro conjunto de dados.

Deste arquivo foram interpoladas as grades de altitude, num Modelo Digital de Elevação (DEM) refinado então para um arco-segundo (aprox. 30m). Um terceiro conjunto de arquivos, disponibilizado em formato GeoTiff (.tif), contém este DEM refinado (INPE, 2017).

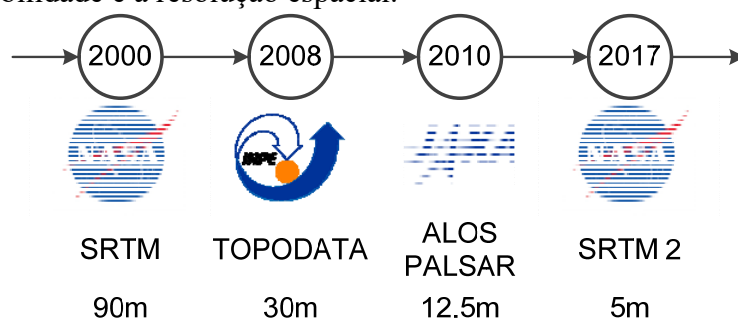
Pelo default, o DEM Topodata é fornecido em coordenadas geográficas usando o Sistema de Referência WGS 1984 (Sistema de Referência Mundial de Projeção Geográfica 1984). O tamanho da célula (pixel) do arquivo raster é de 30m. O projeto é desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

O projeto e os arquivos que contém as imagens raster estão disponíveis para o seu download no site do INPE <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>.

**ALOS PALSAR.**- O projeto ALOS (Advanced Land Observing Satellite) foi desenvolvido pela Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) em 2005, e entre seus instrumentos de sensoriamento remoto tem o Polarimetric Synthetic Aperture Radar (PALSAR). Contribuiu para a observação regional, monitoramento dos desastres e recursos topográficos (KWAK, PARK & FUKAMI, 2014).

Os produtos são disponíveis de 2010 até hoje, e são de livre acesso. A resolução espacial dos dados do ALOS PALSAR é 12,5m e são projetados em coordenadas UTM WGS84 (KWAK, PARK & FUKAMI, 2014).

Figura 8 – Bases de Dados de Acesso Livre com a data de disponibilidade e a resolução espacial.



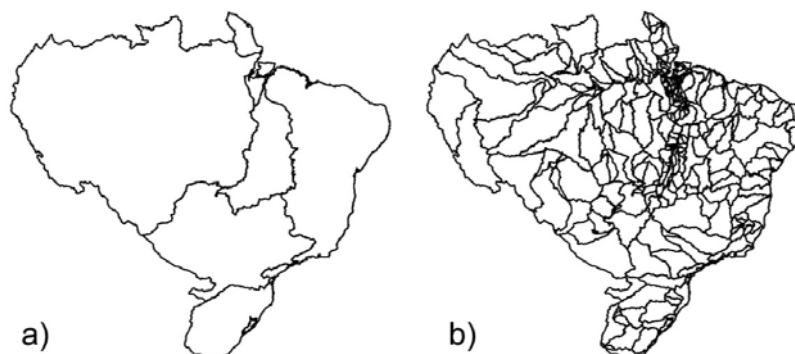
Fonte: O autor (2017).

#### 2.1.2.4 Cartografia Digital Existente.

Outra fonte principal de dados, são os resultados de projetos anteriores de estudo do paisagem e cadastro de informação oficial. No Brasil existem múltiplas agências oficiais que fornecem dados em seus endereços web, sendo as mais importantes a Agência Nacional de Águas (ANA) a qual fornece dados pluviométricos diários obtidos da rede de postos através da plataforma Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br>), sendo disponíveis também o inventário espacial dos postos em formato shapefile para todo o território do Brasil (ANA 2017).

As informações dos polígonos das Ottobacias estão disponíveis no site da ANA e sua plataforma Hidroweb (ANA 2017). É possível obter a rede hidrográfica codificada para todo Brasil num arquivo shapefile vetorial, contendo as Ottobacias do nível 1 até o nível 6 em formato shapefile cada nível num diferente arquivo (ANA 2017), e a divisão hidrográfica nacional estabelecida por a Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e adotada pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) também em arquivo vetorial em formato shapefile (PACHECO & SILVA, 2011).

Figura 9 – Níveis Ottobacias. Esq. Nível 1, der. Nível 3.



Fonte: O autor com dados da ANA (2017).

A codificação de bacias proposta por Otto Pfafstatter em 1989 aperfeiçoa o gerenciamento das bacias de drenagem. É um método perfeitamente adequado à gestão dos recursos hídricos e com aplicabilidade global.

A importância desta metodologia é evidente, tendo em vista a sua adoção por diversas instituições e órgãos governamentais (PACHECO & SILVA, 2011).

Na década de 1980 o engenheiro Otto Pfafstatter, do extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), desenvolveu uma metodologia de classificação de bacias hidrográficas baseado na configuração natural do sistema de drenagem (PACHECO & SILVA, 2011).

A delimitação das bacias ressalta que o rio principal será o que possuir a maior área drenada e não o que possuir maior deflúvio anual. A utilização da Ottobacias num SIG ajuda os gestores na tomada de decisão em recursos hídricos, principalmente no respeito à divisão de unidades de Gestão (PACHECO & SILVA, 2011).

### **2.1.3 Software ArcGIS**

ArcGIS é o software pioneiro em SIG (TOMS, 2015), é o pacote de software SIG desenvolvido e distribuído pelo Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). Tem uma longa história e desenvolvimento de muitas versões. Conecta mapas, dados e aplicações, proporciona a capacidade de criar, armazenar e compartilhar mapas.

Lançado em 1981 com o nome ArcInfo, foi o primeiro grande sistema de software de SIG comercial. Foi concebido para microcomputadores e baseado num modelo vetorial e de banco de dados relacional, definiu o padrão para a indústria (LONGLEY et al, 2013).

Os produtos estão voltados tanto ao usuário final, como a desenvolvedores, e inclui produtos para dispositivos móveis, computadores pessoais, servidores e web (LONGLEY et al, 2013).

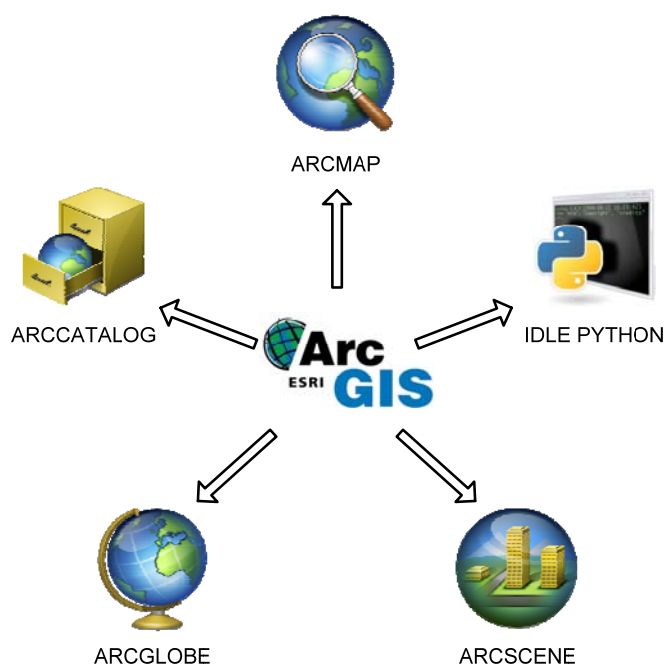
Para os desenvolvedores, ArcGIS fornece ferramentas que permitem criar seus próprias aplicações (ESRI, 2017), e inclui o acesso ao linguagem de programação Python desde a versão 10x (TOMS, 2015).

O ArcGIS provê uma arquitetura para implementação de SIG, desde um único usuário isolado, até grandes implementações corporativas ou globais, envolvendo um grande número de usuários especializados (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010). Provê ainda todas as ferramentas necessárias para a criação e exploração destes dados.

Encontra-se incluído um ferramental especializado para a coleta e informatização, edição, armazenamento e gerência de dados espaciais, assim como aquelas ferramentas voltadas a exploração, análise geográfica e a visualização destes dados (SANTOS,

LOUZADA & EUGENIO, 2010). encontra-se também contemplada a funcionalidade voltada a disponibilização de serviços e dados na web, tanto nos serviços baseados na nuvem, assim como no serviço online (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010). Outra funcionalidade é o uso em servidores pelo meio do ArcServer.

Figura 10 – Plataforma ArcGIS for Desktop.



Fonte: Adaptado segundo ESRI (2017).

**ArcMap.-** É o programa fundamental em ArcGIS Desktop. É utilizado para todas as tarefas orientadas e centradas em mapas como: coleta e edição de dados georeferenciados, produção cartográfica, análises espaciais e visualização de mapas.

Disponibiliza diferentes funcionalidades para visualização de mapas, sobre as quais podem ser realizadas avançadas operações de geoprocessamento (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010). A figura seguinte mostra quando se inicia o programa e a disposição da interface é a seguinte:

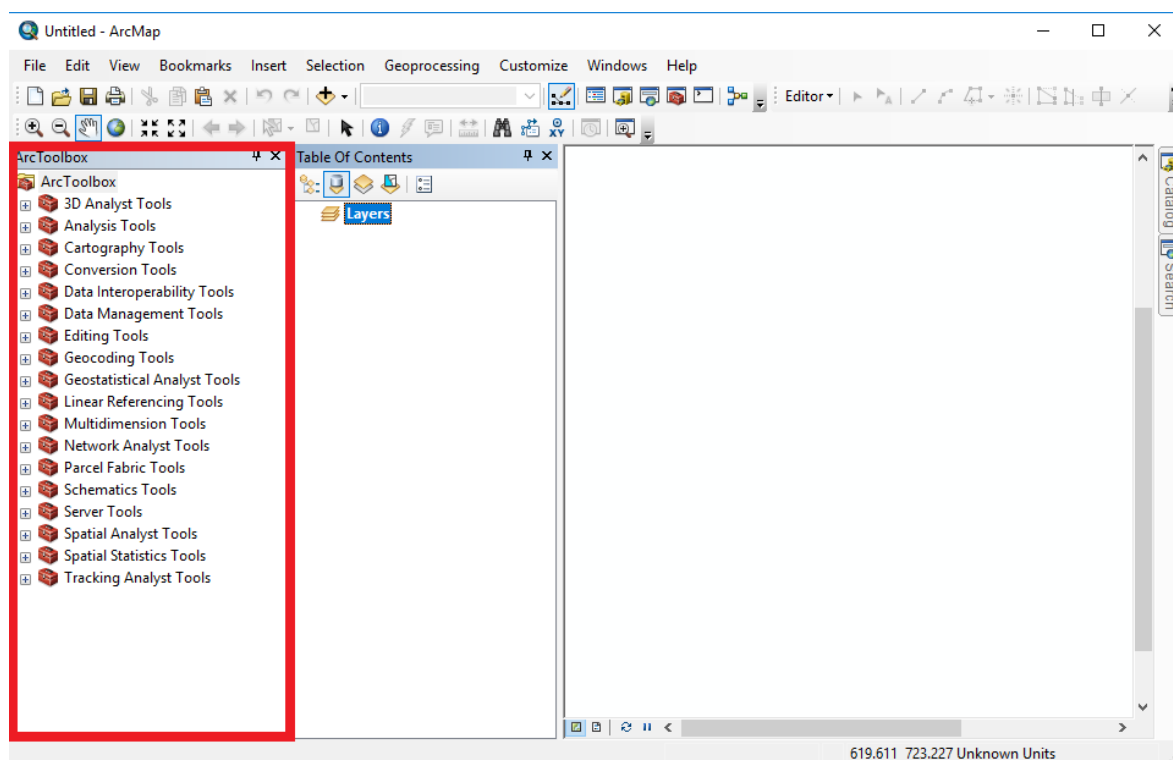
Área Visual.- Onde são dispostos os layers georreferenciados.

Tabela de Conteúdos.- Onde se pode controlar as propriedades dos layers e sua visualização.

Barra de Ferramentas Padrão.- Onde estão disponíveis as principais botões referentes a barra de menus.

Barra de Ferramentas ArcToolBox.- Esta aplicação apresenta e possibilita o acesso, de uma forma bastante simples e intuitiva, a todas as ferramentas de geoprocessamento disponibilizadas pelos ArcGIS (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010).

Figura 11 – Janela principal do programa ArcMap em vermelho mostrase o grupo de ferramentas ArcToolBox.



Fonte: Adaptado segundo ESRI (2017).

**ArcCatalog.-** O programa auxilia na organização e gerência de seus dados georeferenciados (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010). Inclui as ferramentas necessárias para investigar, localizar e visualizar informações geográficas, bem como para armazenar e visualizar dados (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010).

**IDLE Python.-** É uma interface gráfica com o usuário para fazer desenvolvimento em Python, é uma parte padrão e gratuita do sistema Python (LUTZ & ARCHER, 2007). Ele é referido como IDE (Integrated Development Environment – Ambiente de Desenvolvimento Integrado), pois reúne várias tarefas de desenvolvimento num único modo de visualização que permite editar, executar, navegar e depurar programas em Python, tudo a partir de uma única interface (LUTZ & ARCHER, 2007).

É o Ambiente de Desenvolvimento Integrado para Python integrado com a instalação padrão de ArcGIS. Facilita ao programador o desenvolvimento de software. Seu uso não é

obrigatorio, e pode ser reemplazado por outros IDE livres como PyCharm que tem melhor interface e uma ajuda dinâmica.

**ArcGlobe.-** No programa as informações espaciais são dispostas na forma tridimensional sobre a superfície do globo terrestre, exibindo seu verdadeiro local geodésico (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010).

Pode-se manipular o globo, e então investigar e analisar seus dados ampliados numa região específica (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010).

**ArcScene.-** O programa é usado para realizar a visualização de imagens em três dimensões (3D), possibilitando a navegação e geração de animação.

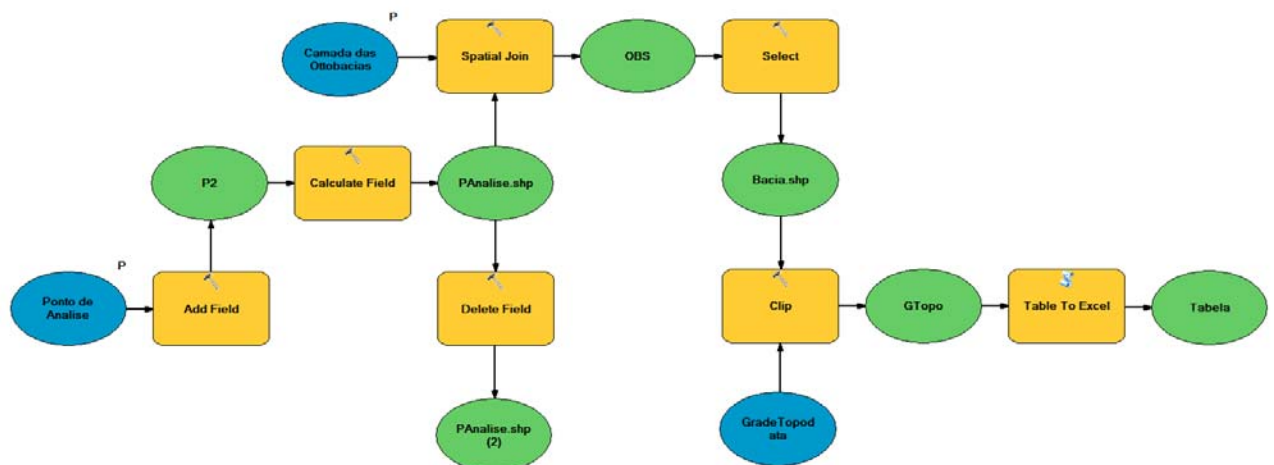
Ele permite elaborar cenas realísticas nas quais pode-se navegar e interagir com os dados (SANTOS, LOUZADA & EUGENIO, 2010).

### 2.1.3.1 Model Builder de ArcGIS

Outra ferramenta introduzido em ArcGIS 9x e o Model Builder, um ambiente de programação visual usado para o análise de modelos e criação de ferramentas repetitivas que podem-se utilizar com diferentes tipos de entradas (TOMS, 2015).

Outra característica do uso do Model Builder e a função de exportação do código, que permite aos desenvolvedores criar em Python scripts diretamente com o código gerado no modelo desenvolvido em Model Builder.

Figura 12 – Exemplo do Fluxograma em Model Builder.



Fonte: O autor (2017).

Model Builder é a ferramenta que será o ponte dos fluxos de trabalho ao automatizar os processos de execução baseados em Python (TOMS, 2015).

Figura 13 – Exemplo do Código exportado do Model Builder.

```

Raster = "C:\\UFC\\UFC11\\Raster"
raster1_tif = "C:\\UFC\\UFC11\\Raster\\raster1.tif"
raster2_tif = "C:\\UFC\\UFC11\\Raster\\raster2.tif"
arcpy.MosaicToNewRaster_management("C:\\UFC\\UFC11\\Raster\\raster1.tif
# Process: Delete raster1
arcpy.Delete_management(raster1_tif, "RasterDataset")
# Process: Delete raster2
arcpy.Delete_management(raster2_tif, "RasterDataset")

```

Fonte: O autor (2017).

## 2.2 Linguagem Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível. É uma linguagem de programação de propósito geral, frequentemente aplicada em funções de script (LUTZ & ARCHER, 2007). No Anexo B tem um Manual Básico.

Um script pode ser considerado um programa para controlar e dirigir outros componentes de um aplicativo maior, suportar personalização do produto pelo usuário, sem ter que distribuir o código fonte do programa inteiro (LUTZ & ARCHER, 2007).

Python é instalado automaticamente junto com o ArcGIS. Utilizado no Análise em SIG, Python pode ser usado para controlar as ferramentas de ArcGIS e organizar a gestão rápida usando o módulo ArcPy (TOMS, 2015).

## 3 METODOLOGIA

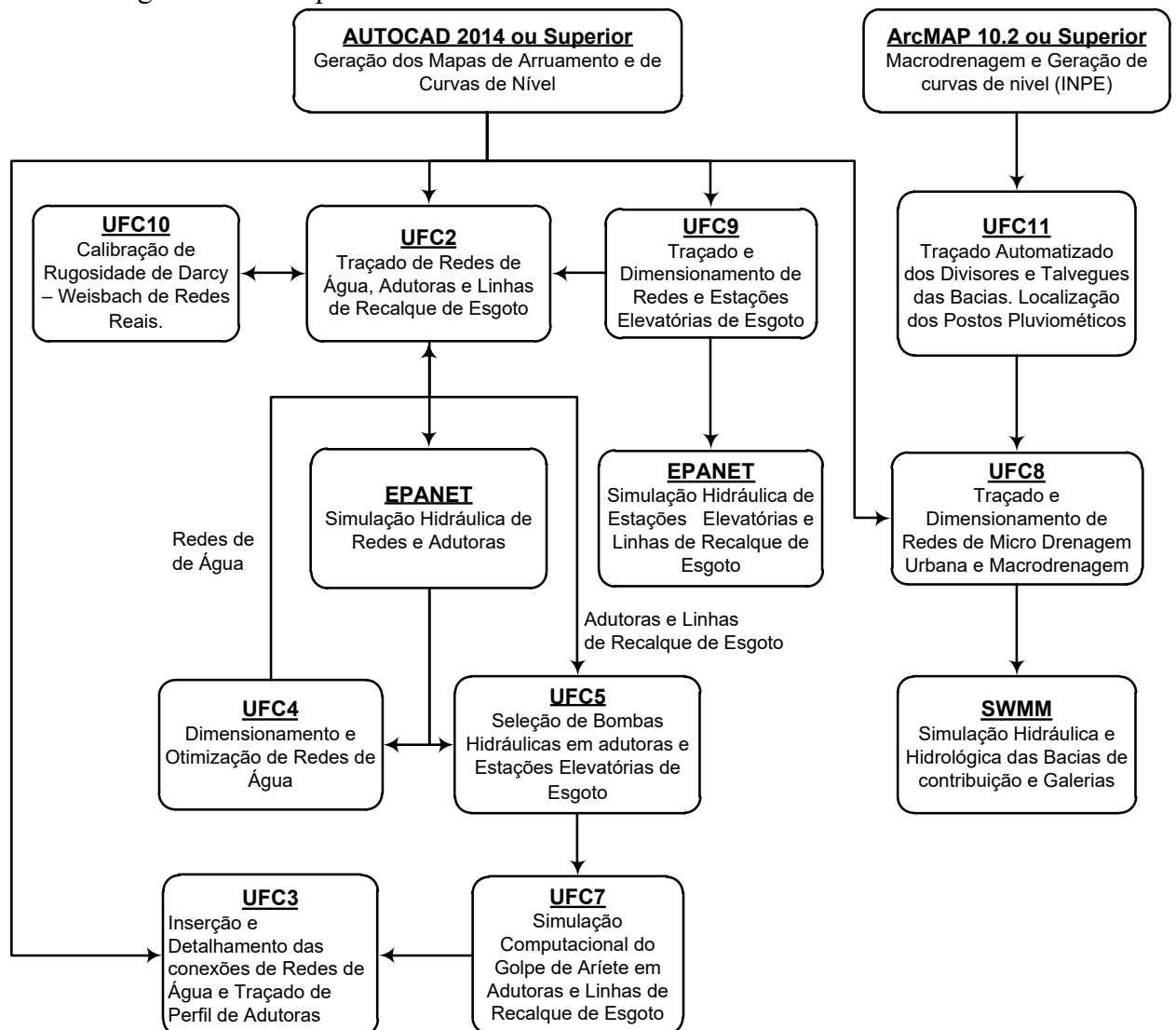
O Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará - POS-DEHA, foi criado em 1972. Em 1975 teve início o curso de Mestrado em Recursos Hídricos (POSDEHA, 2017). O programa é considerado como de nível internacional pela avaliação da CAPES, tendo Conceito 7.

O Laboratório de Hidráulica Computacional (LAHC) desenvolve à partir do ano 2002 o Sistema UFC o qual é um conjunto de programas escritos em diversas linguagens de programação (LISP, VBA for AutoCAD Applications, JAVA, PYTHON).

Eles abrangem todas as tarefas referentes ao traçado e dimensionamento hidráulico de redes de abastecimento de água, adutoras, redes de esgoto sanitário e redes de drenagem (LAHC, 2017).

No fluxograma seguinte mostra o mapa geral dos componentes do Sistema UFC.

Figura 14 – Componentes Sistema UFC.



Fonte: Laboratório de Hidráulica Computacional DEHA UFC (2017).

A Metodologia proposta considera tres estágios no desenvolvimento do aplicativo em ArcGIS visando a automatização da obtenção dos parâmetros morfológicos de uma bacia hidrográfica. A escolha do software ArcGIS, foi pelo melhor desempenho computacional do programa além da disponibilidade do Módulo arcpy compatível com o linguagem de programação Python.

### 3.1 Coleta de Dados e elaboração de base de dados

O primeiro estágio é a coleta de dados públicos disponíveis nos diversos servidores das Agências Publicas do Brasil. Sendo explanado a seguir um resumo dos servidores e da informação obtida disponível de acesso livre.

**IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).** Mapa Politico do Brasil, considera as Unidades Federativas do Brasil. Formato shapefile (.shp), projeção geodesica do



arquivo WGS 84 (World Geodetic System ano 1984), organizado num so arquivo de polígonos.

Disponível no site < [https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm) >. Usado somente de ajuda visual para a locação dos pontos.

**ANA (Agência Nacional de Águas).** Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas. Formato shapefile (.shp), projeção Geodesica dos arquivos SAD 69 (South American Datum ano 1969), organizado em 6 arquivos de polígonos.

Rede Hidrometereologica Nacional. Formato shapefile (.shp), projeção Geodesica do arquivo SAD 69, organizado em 1 arquivo de pontos. Disponível no site < <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp> >.

A Base Hidrográfica é utilizada para cortar a Área de Estudo num menor arquivo e permite um menor tempo computacional.

A Rede Hidrometereologica Nacional é usado para a determinação das Estações Pluviométricas que tem influência na bacia hidrográfica de estudo.

**INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).** Disponibiliza a Base de Dados TOPODATA que fornece o Modelo Digital de Elevação (DEM) em cobertura global para todo o territorio do Brasil.

Os arquivos estão em formato raster (.tif), sem projeção geodesica no arquivo, mas indicada como WGS 84, organizado em 556 cartas topográficas de arquivos raster, disponíveis para descarregar, fazendo um total de 32.3 GB de espaço em disco duro do computador.

Istos dados não são disponibilizados no aplicativo, pelo tamanho dos arquivos, e so seram obtidos quando o usuário desenvolver um projeto com o uso do aplicativo na plataforma ArcGIS. Os arquivos são disponível no site < <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/> >.

### **3.2 Análise da Informação Coletada**

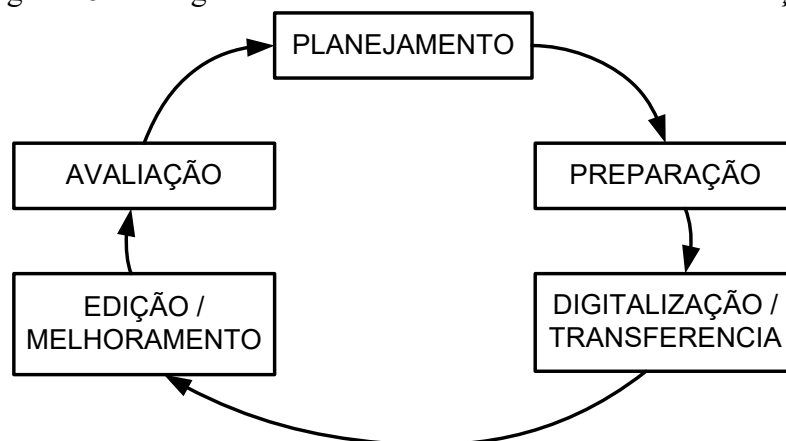
O seguinte estágio e o Análise da informação coletada e sua uniformização e formatação, ao conter uma grande variedade de tipos de dados geográficos provenientes de muitas fontes diferentes (LONGLEY et al, 2013).

O processo de planificação, preparação, avaliação, tratamento e edição é representado na figura seguinte. Isso abrange muitas técnicas projetadas para validar os dados, bem como corrigir erros e melhorar a qualidade (LONGLEY et al, 2013).

As atividades de coleta de dados e a organização do material estão divididas em captura de dados (LONGLEY et al, 2013), e uniformização dos dados para sua disponibilidade pelo meio do aplicativo criado na plataforma ArcGIS.

Antes de ficar disponíveis para seu uso no aplicativo é necessário uma considerável reestruturação e reformatação dos arquivos e os dados associados neles. Sendo as anteriores fontes de dados primários, as quais serão editadas previamente, no caso dos dados obtidos dos servidores da ANA e IBGE, e em cada um dos projetos desenvolvidos pelos usuários, no caso da base de dados Topodata do INPE.

Figura 15 – Estágios da Coleta de Dados e Análise da Informação.



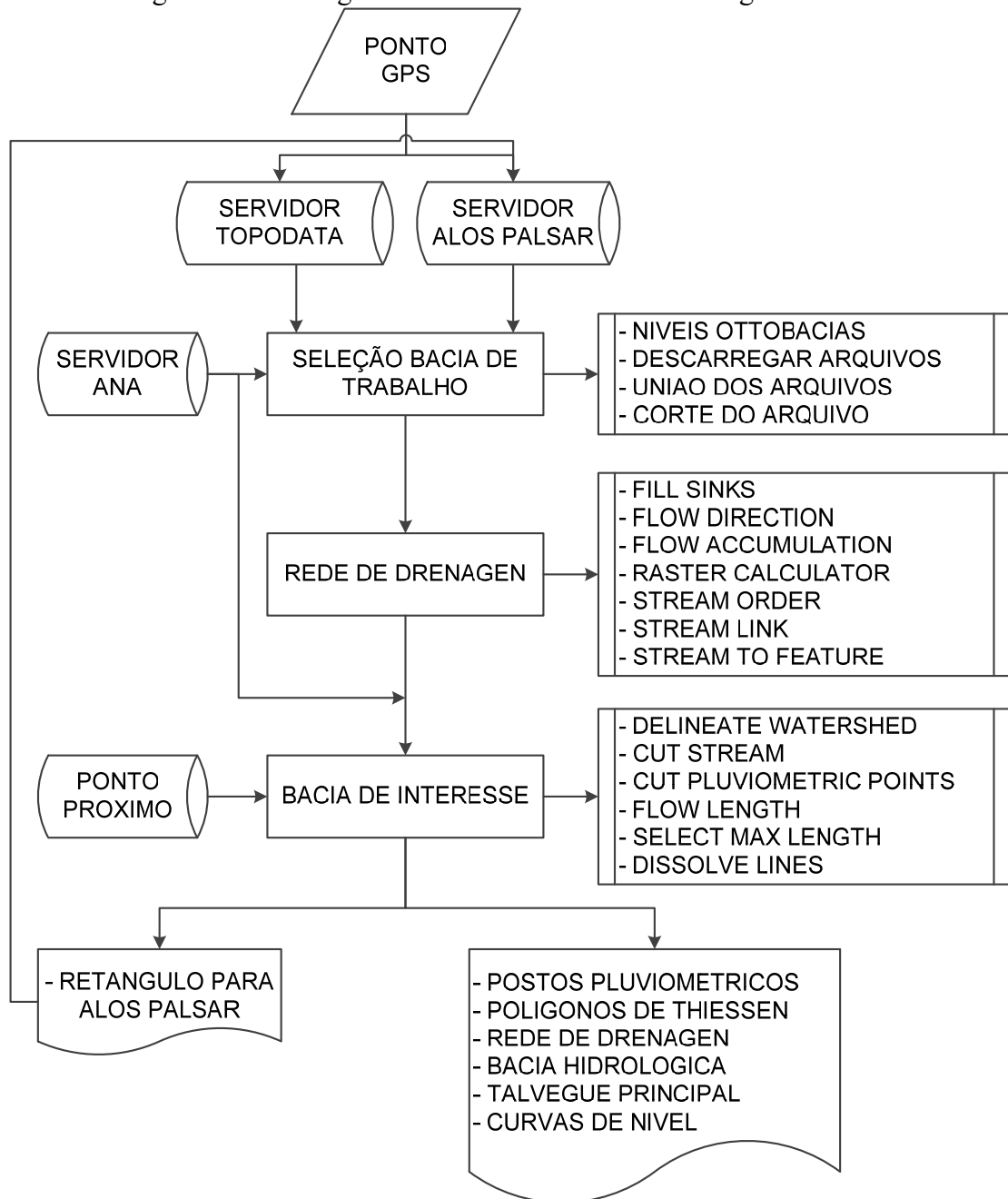
Fonte: Adaptado de Longley et al (2013).

### 3.3 Desenvolvimento do Aplicativo UFC11 na Plataforma ArcGIS.

O terceiro estágio abrange o desenvolvimento de um aplicativo em ArcGIS, visando o uso das informações coletadas e avaliadas anteriormente. O desenvolvimento de um Plano de Projeto fica expresso no fluxograma seguinte, o qual considera a coleta de dados iniciais fornecidas pelos servidores das agências públicas do Brasil, uso dos arquivos bases, o geoprocessamento usando as ferramentas e técnicas comuns e a entrega dos resultados para seu uso por o usuário final.

O aplicativo UFC11 faz uso das técnicas de Geoprocessamento na Análise espacial dos arquivos. O fluxograma seguinte, considera o ingresso de dados, as ferramentas de geoprocessamento e os arquivos de saída, que serão desenvolvidos pelo aplicativo UFC11.

Figura 16 – Fluxograma de Desenvolvimento do Plug-in UFC11



Fonte: O autor (2017).

### 3.3.1 Geoprocessamento

O Geoprocessamento inclui todas as transformações, manipulações e métodos que podem ser aplicados aos dados geográficos para adicionar valor a eles e transformar dados em informação útil (LONGLEY, 2013).

A análise espacial é um conjunto de métodos cujos resultados mudam quando altera a localização dos objetos em análise (LONGLEY, 2013). Sendo muitas as Operações Básicas de Geoprocessamento, a seguir serão indicadas as mais importantes e usadas nesta pesquisa.

### 3.3.1.1 Junção Espacial

É uma operação fundamental em banco de dados geográficos, usada para combinar o conteúdo de duas tabelas baseado numa localização geográfica comum (LONGLEY, 2013).

A operação ponto em polígono compara as propriedades dos pontos com as das áreas onde eles estão contidos, na sua forma mais simples, determina se um dado ponto está dentro ou fora de um dado polígono (LONGLEY, 2013).

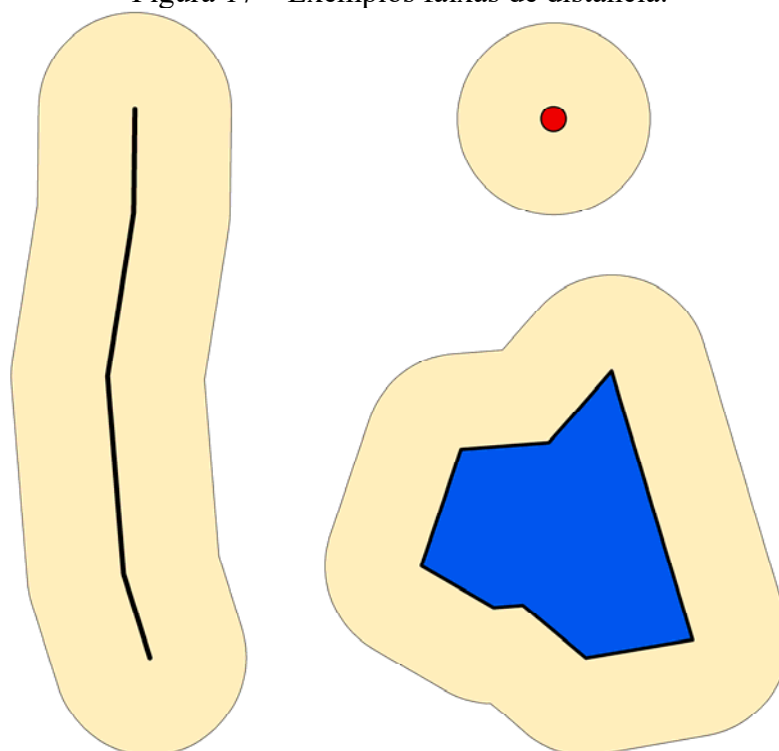
A sobreposição de polígonos é similar a operação ponto em polígono, produz novos polígonos distintos, alguns tem as propriedades de ambos polígonos, outros de um ou outro polígono (LONGLEY, 2013).

Cada área no novo conjunto de dados terá dois conjuntos de atributos (tabela com as colunas dos conjuntos). Todos os limites serão retidos, mais serão quebrados em fragmentos menores em função da intersecção que ocorre entre os limites de cada conjunto de entrada (LONGLEY, 2013).

### 3.3.1.2 Geração de faixas de distância (buffer)

Dado um conjunto de objetos (pontos, linhas ou polígonos), constroi um ou mais novos objetos identificando áreas que estão a uma certa distância especificada dos objetos originais (LONGLEY, 2013).

Figura 17 – Exemplos faixas de distância.



### 3.3.1.3 Polígonos de Thiessen

Também são conhecidos como polígonos de Voronoi e de Dirichlet (LONGLEY, 2013). São usados internamente nos SIG como um meio de acelerar certas operações espaciais, como encontrar o vizinho mais próximo (LONGLEY, 2013).

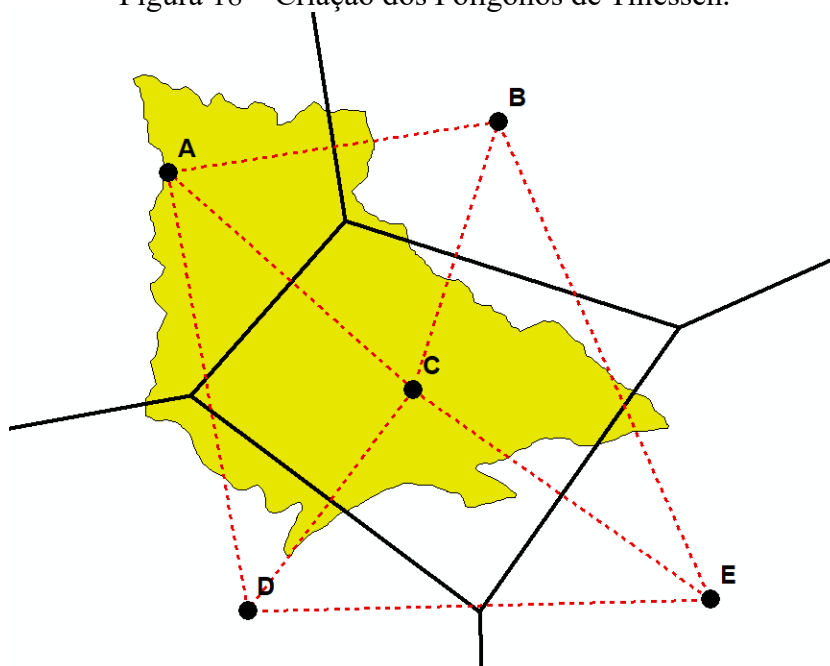
São usados como um método rápido para relacionar os dados pontuais com o espaço definindo polígonos para representar a área de influência para cada ponto conhecido (DIXON, UDDAMERI, 2016).

Os polígonos de Thiessen podem ser gerados ao partir de dados pontuais usando um processo de três passos (DIXON, UDDAMERI, 2016).

- 1.- Os pontos são conectados no espaço usando a triangulação do Delaunay (os pontos são unidos aos seus vizinhos mais próximos por linhas que criam triângulos).
- 2.- As linhas de conexão são divididas em pontos médios e estes se tornam nós para os polígonos de Thiessen.
- 3.- Os pontos de biseção são conectados para criar os polígonos de Thiessen e os triângulos do Delaunay originais são removidos segundo a figura seguinte.

A divisão de um espaço geográfico usando o método dos polígonos de Thiessen é determinado pela localização dos pontos de amostragem, ou seja, regularmente espaçados ou irregularmente espaçados (DIXON, UDDAMERI, 2016).

Figura 18 – Criação dos Polígonos de Thiessen.



### 3.3.1.4 Reclassificação

A reclassificação de um arquivo constitui-se na substituição de valores de entidades gráficas por outros, conforme a necessidade do usuário. Ao se trabalhar com arquivos matriciais, cada pixel pode ser redefinido de acordo com parâmetros predeterminados (FITZ, 2010).

Para tal, pode-se fazer uso de rotinas específicas, como a multiplicação dos pixels da imagem por um determinado escalar, ou a substituição de todos os valores inferiores a um determinado padrão por um valor fixo (FITZ, 2010).

Dessa forma, a imagem original é alterada com a criação de novas categorias a partir desta (FITZ, 2010).

### 3.3.1.5 Sobreposição

A sobreposição de entidades gráficas pode ser feita tanto em arquivos vetoriais quanto matriciais. Pode-se distinguir duas formas de sobreposição (FITZ, 2010):

**Sobreposição lógica:** quando se faz uso de operadores lógicos (análise booleana). A sobreposição lógica trabalha os arquivos (vetoriais ou matriciais) a partir do empilhamento de diferentes camadas de dados (FITZ, 2010).

**Sobreposição aritmética:** quando são utilizados operadores matemáticos (adição, subtração, multiplicação etc.), (FITZ, 2010). É coerente com as operações, teoria de conjuntos e diagramas de Venn.

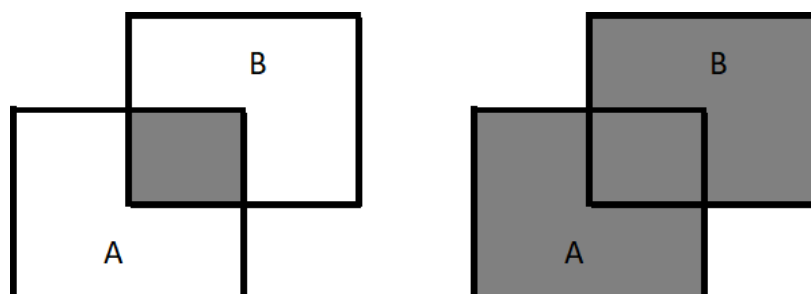
#### 3.3.1.5.1 Análise booleana

A utilização de análise booleana é bastante comum ao se trabalhar com SIG. Sinteticamente, os operadores booleanos podem ser (FITZ, 2010):

**AND.** Operador “e” significando intersecção. **OR.** Operador “ou” significando união.

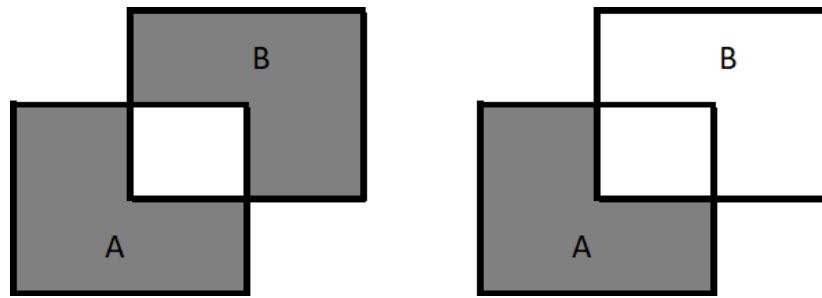
**XOR.** Operador exclusão do “ou”, isto é desunião. **NOT.** Operador “não”, isto é negação.

Figura 19 – Análise Booleana. Esq. AND, Dir. OR.



Fonte: Adaptado de Fitz (2010).

Figura 20 – Análise Booleana. Esq. XOR, Dir. NOT.



Fonte: Adaptado de Fitz (2010).

### 3.3.1.5.2 Análise Aritmética

No caso da sobreposição aritmética, a estrutura do arquivo é completamente alterada, não sendo utilizada para formatos vetoriais. Assim, numa imagem raster, cada pixel é modificado de acordo com o operador utilizado (FITZ, 2010).

Figura 21 – Sobreposição Aritmética. Soma Pixel a Pixel.

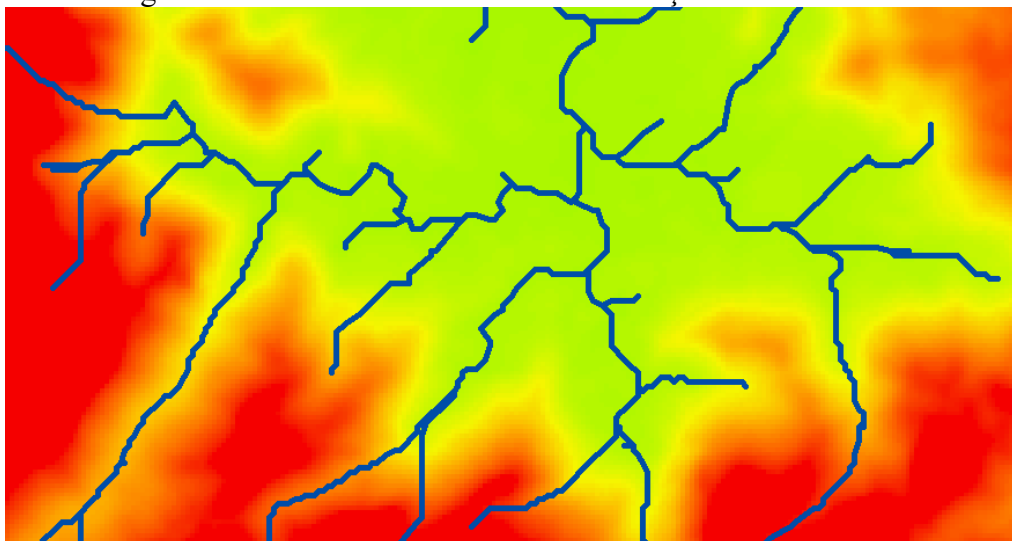
Imagem A				+	Imagem B				=	Imagem Final			
2	1	3	2		0	2	2	3		2	3	5	5
1	3	2	2		2	1	1	0		3	4	3	2
4	1	0	1		2	4	1	3		6	5	1	4
1	2	2	3		3	1	2	2		4	3	4	5

Fonte: Adaptado de Fitz (2010).

### 3.3.2 Cálculo de bacias hidrográficas e canais

Um DEM fornece uma base fácil para predição do escoamento da água sobre uma superfície e, por tanto uma base para obter muitas propriedades hidrográficas úteis (LONGLEY, 2013).


Figura 22 – DEM Nascentes da Bacia do Açude Sítios Novos.



Fonte: O autor com dados do Topodata. (2017).

Considere o DEM mostrado na figura anterior. Assumimos que a água pode escoar de uma célula para qualquer outra de suas oito células vizinhas, descendo na direção da inclinação mais acentuada (LONGLEY, 2013). Sendo assim e necessário adotar uma codificação para identificar a direção do fluxo segundo a célula vizinha. Na figura seguinte mostra-se o código empregado na maioria dos programas SIG para a determinação da direção do fluxo.

Figura 23 – Códigos para o Flow Direction (Direção de Fluxo).

32	64	128
16		1
8	4	2

Fonte: Adaptado de Maidment & Djokic. (2000).

Como somente oito direções são possíveis nessa representação matricial, assumimos que a água irá escoar para a mais baixa das oito células vizinhas (LONGLEY, 2013). Se nenhuma for mais baixa, assume-se que a água estaciona, talvez formando um lago, até que encha o suficiente para transbordar (LONGLEY, 2013).

A figura seguinte mostra as direções de escoamento previstas para cada célula e o acúmulo na célula que não tem vizinhos mais baixos. Como esta célula está na borda da área, assumimos que ela irá derramar para fora do limite formando o escoamento da área (LONGLEY, 2013).

Figura 24 – Modelo Digital de Elevação (esq) e direções de fluxo (der).

78	72	69	71	58
74	67	56	49	46
69	53	44	37	38
64	58	55	22	31
68	61	47	21	16

2	2	2	4	4
2	2	2	4	4
1	1	2	4	8
128	128	1	2	4
128	128	1	1	4

Fonte: Adaptado de Maidment & Djokic. (2000).

Uma bacia hidrográfica é definida como a área a montante de um ponto ou a área que drena para esse ponto (LONGLEY, 2013). Uma vez que saibamos as direções de escoamento,

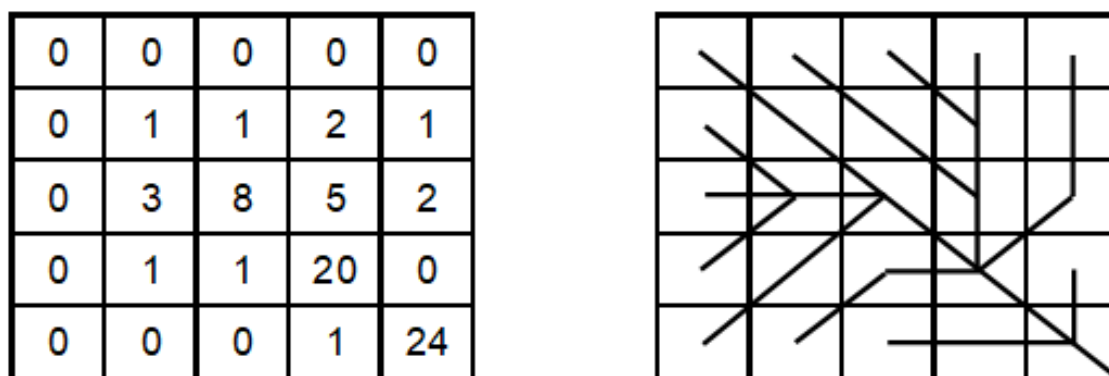


e fácil identificar um ponto e área associada a montante que forma a bacia hidrográfica desse ponto (LONGLEY, 2013).

Essa solução representa o escoamento superficial. Quando o escoamento acumula suficientemente, ele começa a erodir seu leito e forma um canal (LONGLEY, 2013).

Se pudessemos estabelecer um limiar apropriado, expresso em termos do número de células a montante que drenam para uma determinada célula, poderíamos mapear uma rede de canais (LONGLEY, 2013). A figura seguinte mostra a acumulação e a rede de drenagem sem considerar um limiar.

Figura 25 – Acumulação de Fluxo (esq) e a Rede de Drenagem (dir) para o DEM da figura 24.



Fonte: Adaptado de Maidment & Djokic. (2000).

Na realidade, algumas paisagens tem depressões fechadas que enchem de água para formar lagos. Outras paisagens, particularmente aquelas desenvolvidas sobre rochas solúveis como calcário ou gipsita, contém depressões que drenam para o subsolo (LONGLEY, 2013).

Um DEM gerado por qualquer um dos meios convencionais também provavelmente conterão erros de altitude, alguns dos quais poderão ser depressões fechadas artificiais (LONGLEY, 2013).

Assim, os SIG comumente incluem uma rotina para encher quaisquer depressões fechadas, permitindo-as transbordar e, assim, se integrarem ao escoamento geral da superfície (LONGLEY, 2013).

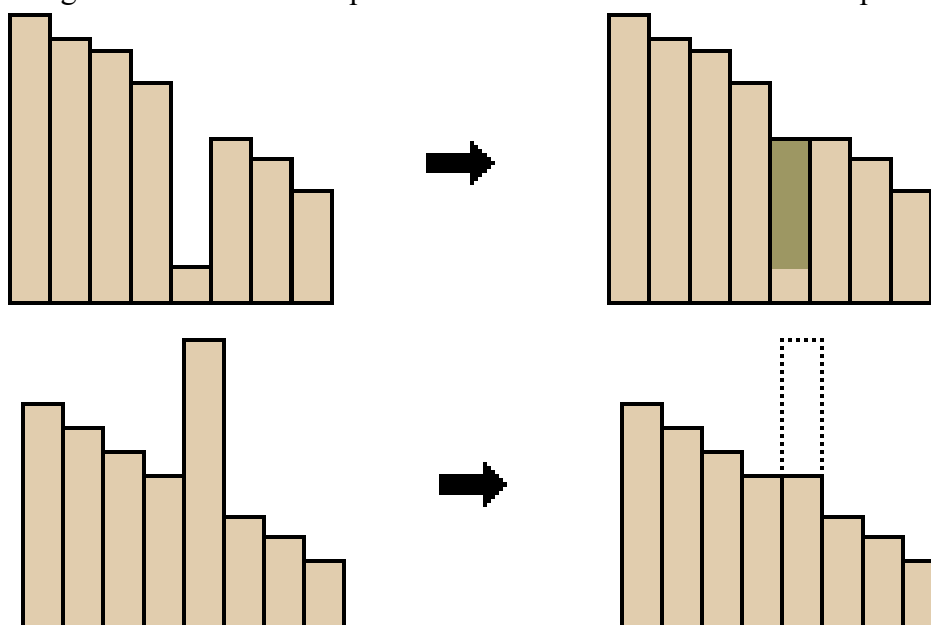
**Esse passo de preenchimento necessita ser executado antes que qualquer análise hidrológica útil de uma paisagem possa ser feita (LONGLEY, 2013).**

Freqüentemente, os sumidouros (e picos) representam erros devido a resolução dos dados ou truncamento de elevações para o inteiro mais próximo.

Os sumidouros devem ser preenchidos para garantir a representação correta de bacias (ESRI, 2012). Se o sumidouro não for preenchido, a rede de drenagem derivada pode ser descontínua.

Também é necessário remover picos, que são células espúrias com maior elevação do que o esperado dependendo da tendência da superfície circundante (ESRI, 2012).

Figura 26 – Processo de preenchimento e corte de sumidouros e picos.



Fonte: ESRI. (2017).

### 3.3.3 Fundamentos no desenvolvimento do aplicativo UFC11.

A seguir é indicado as diretrizes gerais consideradas durante o desenvolvimento do aplicativo UFC11 na plataforma ArcGIS.

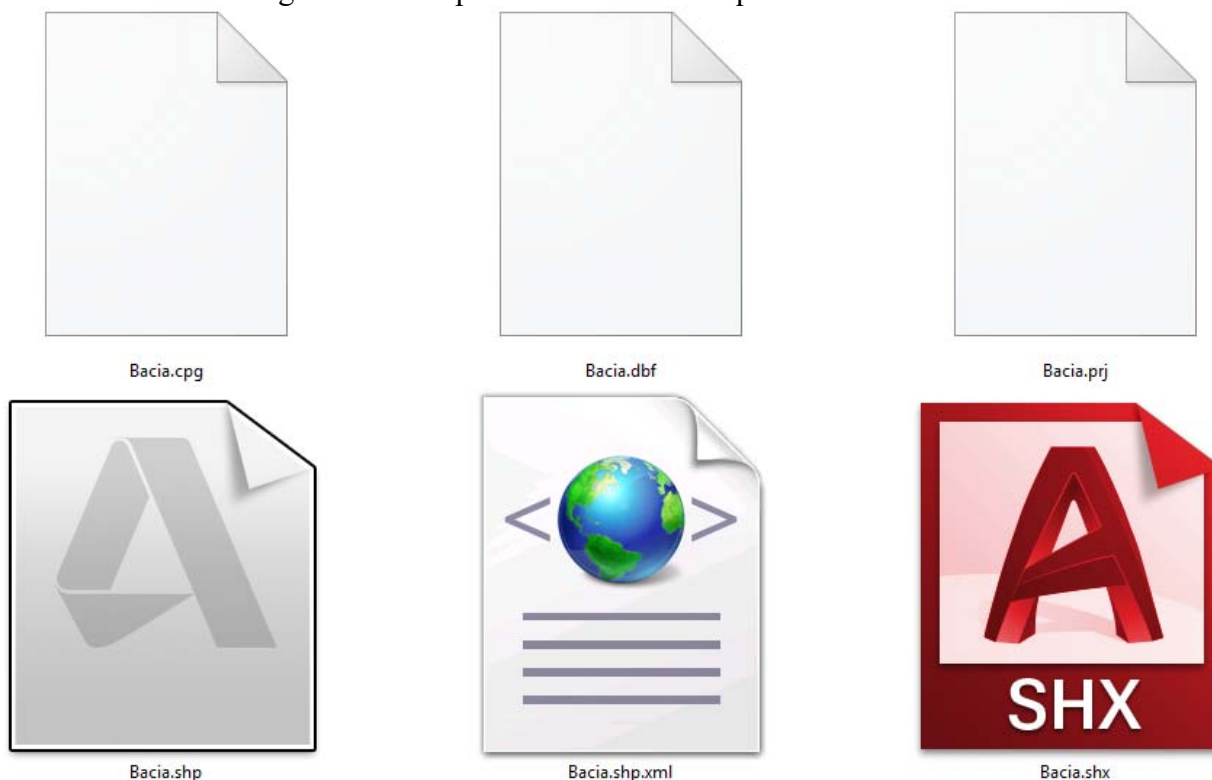
- Todo geoprocesso inicia com a configuração de parâmetros e verificação dos resultados no Model Builder e sua posterior exportação do código gerado em Python. Isso garante o correto geoprocessamento.

- Uso de Módulos da Biblioteca Padrão do Python. Isso garante o correto funcionamento em novas versões, eliminando os problemas de compatibilidade com novas versões de ArcGIS.

- Uso dos Comandos do ArcGIS para administração dos arquivos em preferência dos comandos de administração de Python. Isto é porque os arquivos shapefile e raster, tem outros arquivos associados além do arquivo shapefile os quais se mostram na figura seguinte.

Assim os processos de renomear, apagar, criar, mover, copiar, colar, serão gerados com as ferramentas fornecidas pelos comandos de ArcGIS.

Figura 27 – Shapefile Bacía e seus arquivos associados.



Fonte: O autor. (2017).

- Uso do Sistema de Georreferenciamento WGS 84.- No desenvolvimento do aplicativo foi estabelecido como Sistema Geográfico de Referência o WGS 84, o qual é amplamente aceito, sendo o default nos aparelhos GPS e nos arquivos raster dos DEM, com o objeto de uniformizar os dados, sendo que os diversos dados obtidos dos servidores da ANA (SAD 69), INPE (WGS 84) e IBGE (SIRGAS 2000) não permitiam uniformizar o geoprocessamento.

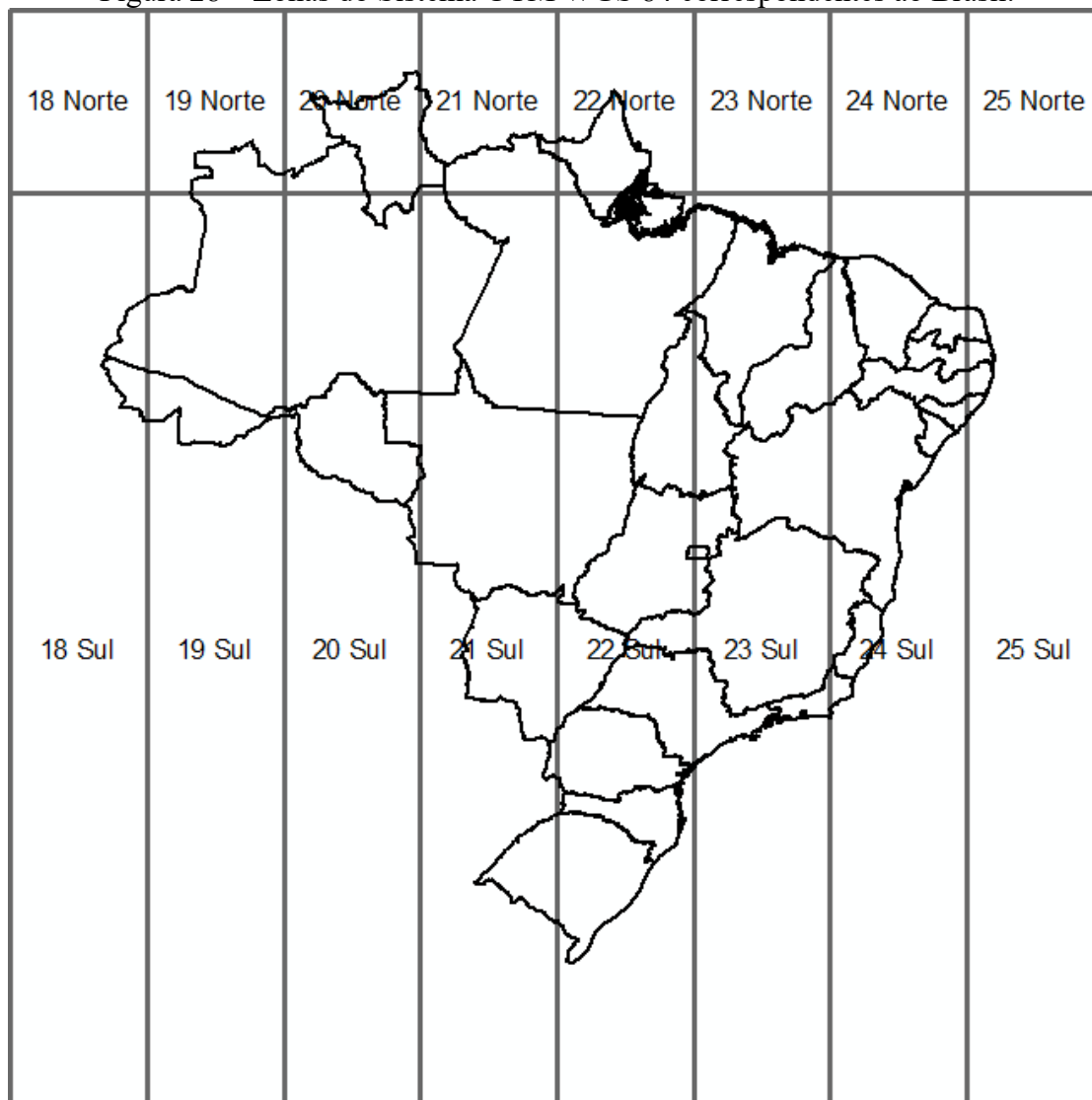
Sendo que o Brasil tem mais de uma zona geográfica, foi determinado o uso do Sistema Geodésico para o geoprocessamento e o uso do Sistema UTM para os resultados.

As coordenadas de uma zona UTM são definidas em metros (LONGLEY et al, 2013), o qual facilita o cálculo das propriedades geométricas dos correspondentes arquivos. Cada uma das zonas UTM correspondem a 6 graus geográficos.

As coordenadas UTM são fáceis de reconhecer porque geralmente consistem num número inteiro de seis dígitos (Leste) seguido por um número inteiro de sete dígitos (Norte), algumas vezes, incluem o número da zona e o código do hemisfério (LONGLEY et al, 2013).

É uma excelente base para a análise, pois permitem o cálculo de distâncias para pontos dentro da mesma zona com não mais que 0.04% de erro (LONGLEY et al, 2013).

Figura 28 – Zonas do Sistema UTM WGS 84 correspondentes ao Brasil.



Fonte: O autor com dados do IBGE. (2017).

- **Formatos de arquivos usados.**- Uso do formato (.tif) para os arquivos raster e o formato (.shp) para os arquivos vetoriais. O formato (.tif) permite utilizar imagens de qualidade, com máxima resolução possível (FITZ, 2010). O formato (.tif) comprime a imagem sem perda de qualidade, fazendo com que o tamanho de um arquivo com extensão (.tif) seja bem menor do que o de um arquivo (.bmp) (FITZ, 2008).

### 3.3.3.1 Uso da Base de Dados Topodata do INPE

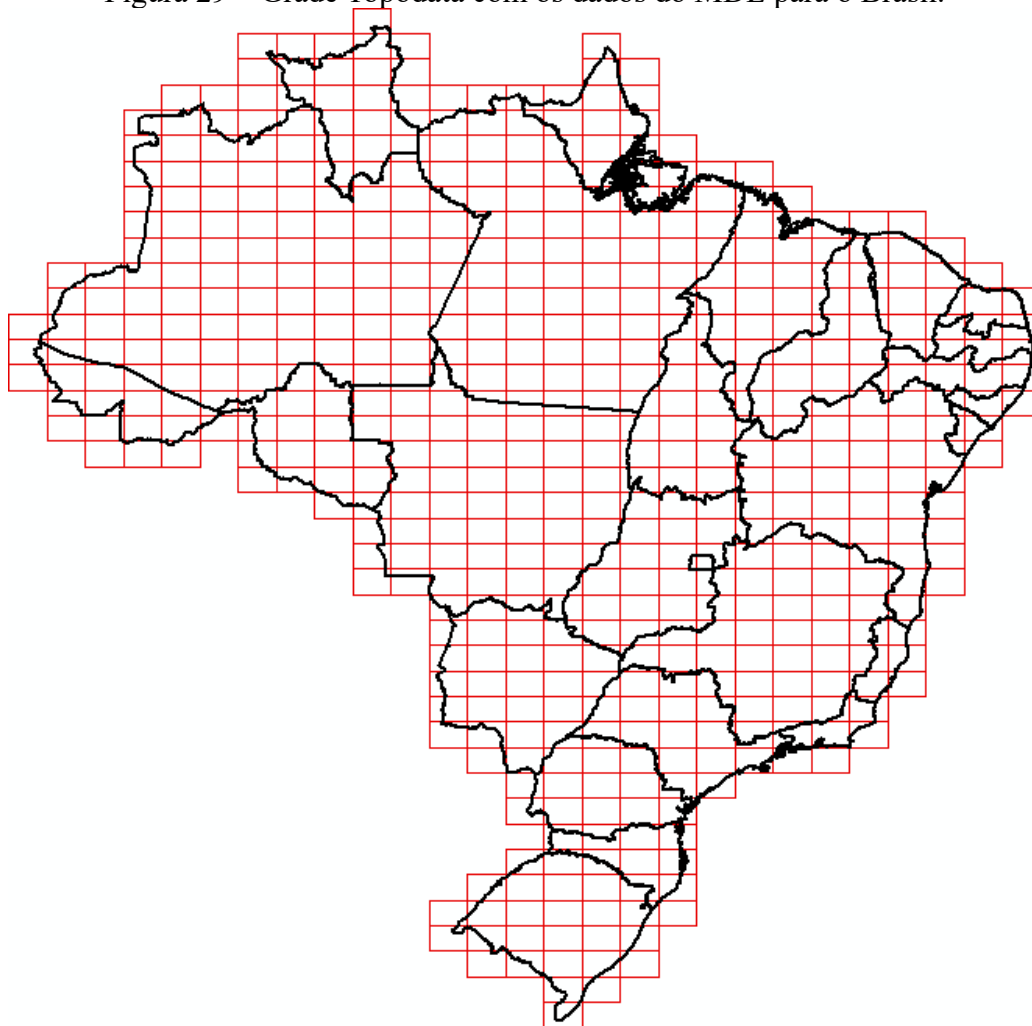
O aplicativo é focado no uso da Base de Dados Topográfica Topodata disponibilizada pelo INPE. São disponibilizados os dados em formato GeoTiff (extensão.tif) (INPE, 2017).

Os arquivos obtidos do servidor Topodata são disponibilizados comprimidos em extensão (.zip).

No blog de geotecnologias Processamento Digital e disponível um shapefile com o grade contendo os links para descarregar as cartas topográficas do servidor Topodata (SANTOS, 2017).

Com base neste arquivo foi atualizado, refinado e verificada a disponibilidade dos arquivos em linha. A figura seguinte mostra o grade do Topodata para o Brasil.

Figura 29 – Grade Topodata com os dados do MDE para o Brasil.

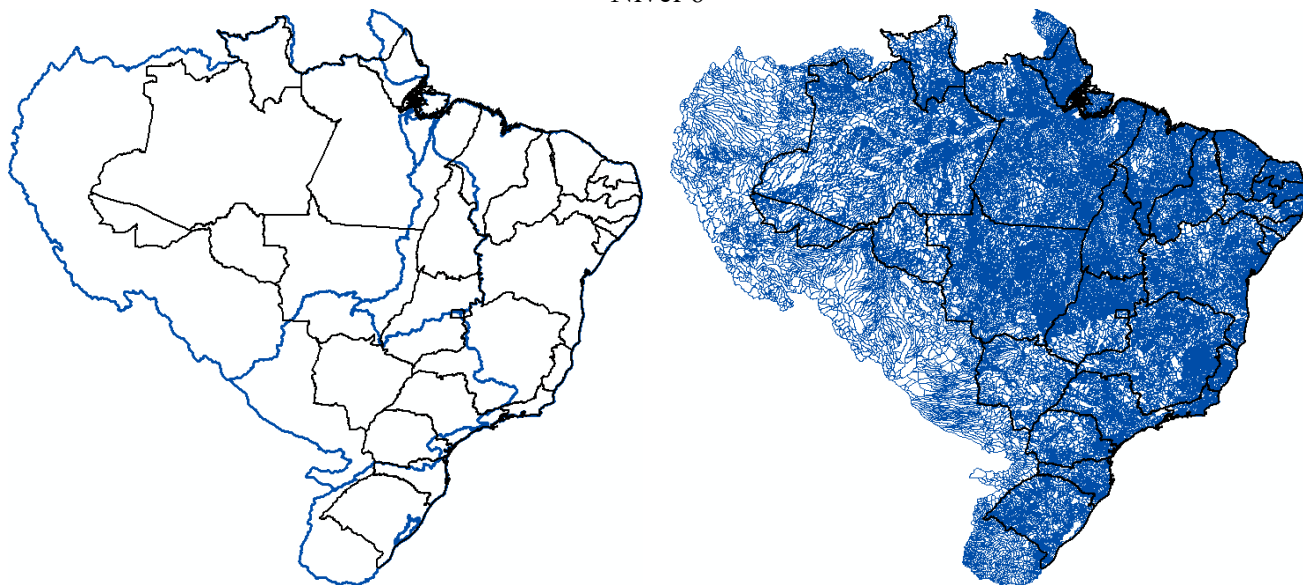


Fonte: Adaptado de Santos, 2017, atualizado pelo autor com dados do INPE - Topodata. (2017).

### 3.3.3.2 Uso da classificação hidrológica Ottobacias fornecida pela ANA

A Agência Nacional de Águas (ANA) fornece as informações dos polígonos das Ottobacias, estão disponíveis no website de sua plataforma Hidroweb (ANA, 2017), contendo os polígonos das Ottobacias do nível 1 até o nível 6 em formato shapefile cada nível num diferente arquivo (ANA, 2017).

Figura 30 – Shapefile contendo os polígonos das Ottobacias para o Brasil. Esq. Nível 1 e der. Nível 6



Fonte: O autor com dados da ANA. (2017).

Cada um dos arquivos obtidos do servidor Hidroweb da ANA, foi atualizado, refinado e incorporado a base de dados do aplicativo.

Os arquivos shapefile contendo os polígonos das Ottobacias segundo o nível apresentam as características seguintes.

- **Nível 1** .- Apresenta as Bacias Maiores na America do Sul. Exemplo Amazonas, Prata. Tem 10 Bacias.
- **Nível 2** .- Apresenta 82 Sub Bacias. Exemplos Rio Madre de Deus.
- **Nível 3** .- Apresenta 359 Sub Bacias.
- **Nível 4** .- Apresenta 2637 Sub Bacias.
- **Nível 5** .- Apresenta 16059 Sub Bacias.
- **Nível 6** .- Apresenta 67621 Sub Bacias.

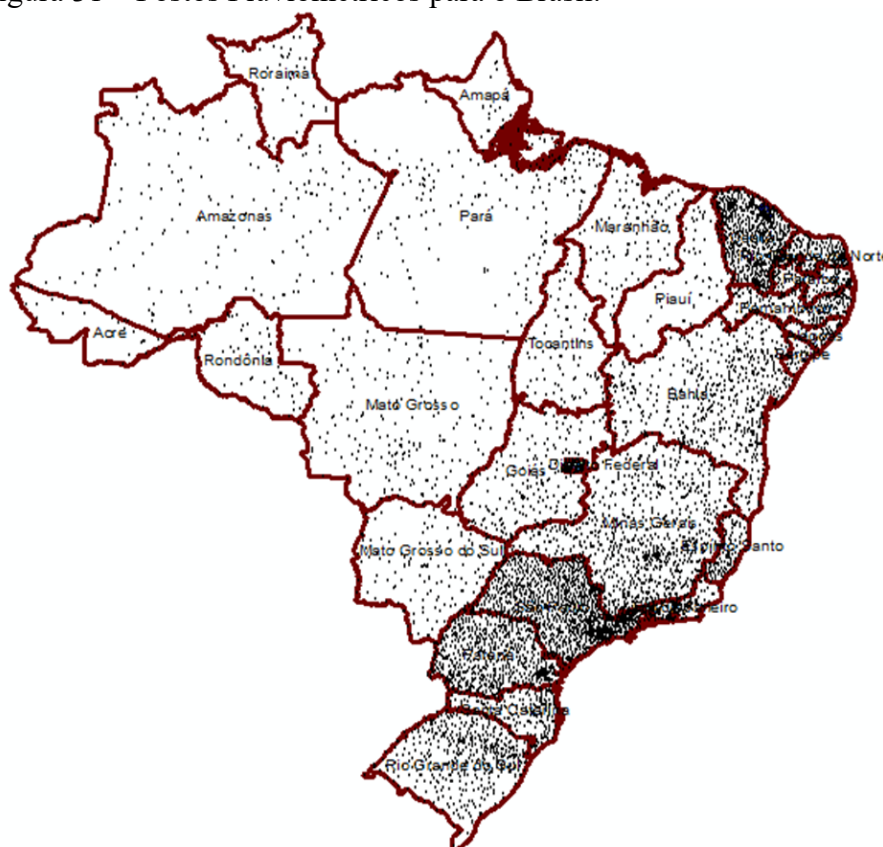
### 3.3.3.3 **Uso dos Postos Pluviométricos fornecidos pela ANA.**

A Agência Nacional de Águas (ANA) fornece um arquivo shapefile com os Postos Pluviométricos codificados o qual foi atualizado, refinado e incorporado a base de dados do aplicativo.

O arquivo contém a informação e os códigos de 8487 postos pluviométricos, ativos e inativos administrado por várias instituições federais e estaduais, o qual e o resultado de uma auditoria realizada pela ANA em 2010.

A figura seguinte mostra a nuvem de postos pluviométricos para o Brasil.

Figura 31 – Postos Pluviométricos para o Brasil.



Fonte: O autor com dados da ANA. (2017).

### 3.4 Uso da IDE Pycharm

O IDE livre PyCharm foi utilizada no desenvolvimento do aplicativo. Sua eleição foi pela disponibilidade do seu assistente de código em linguagem Python, o qual tem a função autocompletar (ausente no IDLE nativa do Python). É uma IDE inteligente com um assistente de código e análise, para desenvolvedores em Python em todos os níveis (JETBRAIN, 2017). Outra característica favorável é sua interface moderna comparando com a IDE nativa. Seu download é disponível no website < <https://www.jetbrains.com/pycharm/>>.

Combina diversas ferramentas de desenvolvimento de software (LONGLEY et al, 2013), incluindo um linguagem de programação visual, um editor, um depurador e um profiler (programa de monitoramento do desempenho do sistema). Seu depurador interativo ajuda a identificar problemas de sintaxe no código como comandos incorretos e instruções ausentes (LONGLEY et al, 2013).

O PyCharm fornece assistência de codificação inteligente, inspeções de código, e soluções rápidas, juntamente com conclusão automatizada de código e recursos de navegação avançados (JETBRAIN, 2017). Tem o realce de sintaxe, com cores personalizáveis para o código Python. Também tem a auto-indentação e formatação de código, os recuos automáticos

são inseridos na nova linha (JETBRAIN, 2017). A verificação de recuo e formatação do código são compatíveis com as configurações de estilo de código do projeto (JETBRAIN, 2017).

Os erros são exibidos conforme você digita. O verificador ortográfico integrado verifica seus identificadores e comentários para erros ortográficos (JETBRAIN, 2017). Verifica o código Python à medida que você digita e também permite inspecionar todo o projeto para possíveis erros de código (JETBRAIN, 2017).

O detector de código duplicado inteligente analisa seu código e busca o código de cópia / colado. As opções de renomear e mover funcionam para arquivos, funções, constantes, classes, propriedades, métodos, parâmetros e variáveis locais e globais (JETBRAIN, 2017).

O usuário pode acompanhar facilmente as mudanças e ver as diferenças entre dois arquivos, ou comparar duas versões de um arquivo usando o visualizador gráfico integrado (JETBRAIN, 2017).

### **3.5 Uso do Módulo arcpy**

O módulo arcpy e o módulo padronizado para seu uso no linguagem de desenvolvimento Python (LONGLEY et al, 2013), e permite a personalização do ArcGIS, para seu uso por desenvolvedores. Permite a modificação do ArcGIS, permitindo adicionar uma nova funcionalidade ou ainda criar uma aplicação voltada a propositos especificos (LONGLEY et al, 2013).

Para facilitar a personalização o software ArcGIS fornece acesso ao modelo de dados e expor os recursos para usar, modificar e complementar funções existentes (LONGLEY et al, 2013). O módulo arcpy e um componente do pacote de software ArcGIS destinado a desenvolvedores (LONGLEY et al, 2013), e pode ser chamado num ambiente integrado de desenvolvimento IDE (Integrated Development Environments).

O arcpy e a API (Interface de Programação de Aplicativos) padrão do ArcGIS, sendo um módulo independente do Python que implementa uma coleção coerente de funcionalidades bem definidas (LONGLEY et al, 2013), que possibilitam que a funcionalidade seja solicitada pelas ferramentas de programação do IDE PyCharm.

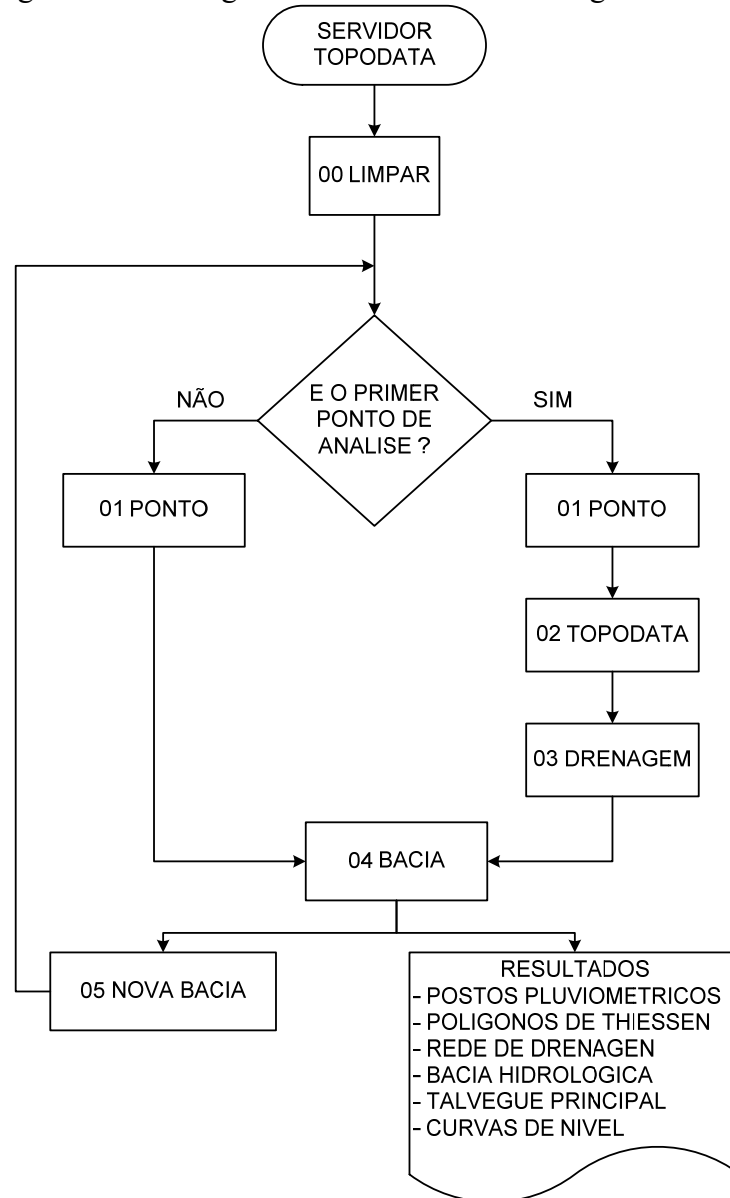
### **3.6 Comandos Desenvolvidos em Python**

Foi desenvolvido o aplicativo UFC11 segundo o fluxograma seguinte. Nele é considerado o desenvolvimento do aplicativo considerando as posiveis situações de uso.



Todos os comandos foram desenvolvidos usando as ferramentas de geoprocessamento inclusas no programa ArcGIS, sendo exceto pelo comando **RASTER CALCULATOR** do ArcGIS, o qual não e suportado pelo Python, e tem que ser usado os comandos de matemática para raster.

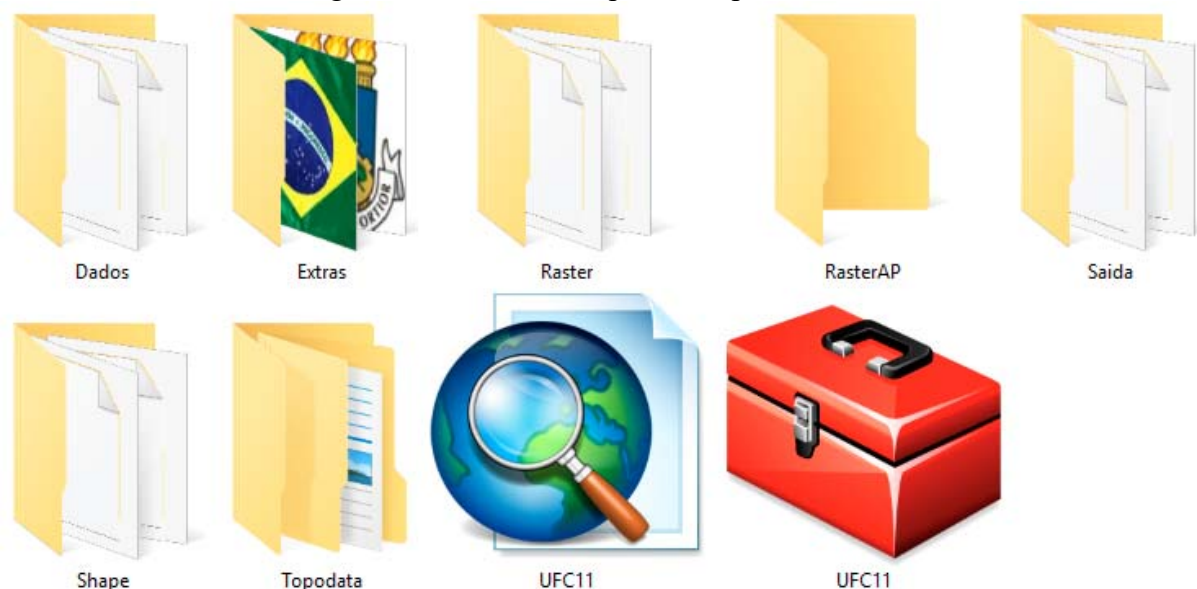
Figura 32 – Fluxograma dos Comandos do Plug-in UFC11.



Fonte: O autor (2017).

O aplicativo UFC11 foi desenvolvido na pasta seguinte < C:\UFC\UFC11>, para ser usado em qualquer computador com o ArcGIS 10.2 ou superior previamente instalado, com a versão padrão do Python instalado. A Pasta UFC e a pasta que contém o grupo de programas desenvolvidos pelo Laboratório de Hidráulica Computacional. A figura seguinte mostra as pastas e os arquivos do aplicativo UFC11.

Figura 33 – Pastas e Arquivos da pasta UFC11.



Fonte: O autor (2017).

É bom indicar que na programação do aplicativo são usadas locações definidas e não tem uso de locações relativas, sendo necessaria a existência das pastas e arquivos para evitar erros no uso do aplicativo. A seguir tem uma descrição do conteúdo e uso das pastas e arquivos do aplicativo UFC11.

**Dados.-** Contém os arquivos shapefiles obtidos dos servidores da ANA e IBGE, projetados e formatados segundo a necessidade do aplicativo.

**Extras.-** Contém arquivos adicionais de personalização visual do aplicativo.

**Raster.-** A pasta é a destinada para salvar os arquivos raster resultantes do geoprocessamento e uso da base de dados Topodata.

**RasterAP.-** A pasta é a destinada para salvar os arquivos raster resultantes do geoprocessamento e uso da base de dados Alos Palsar, o qual está em desenvolvimento.

**Saida.-** A pasta é a destinada para salvar os arquivos shapefile (.shp) e (.dwg) que são os resultado do uso do aplicativo, sendo a pasta onde são salvos os resultados da bacia hidrográfica.

**Shape.-** A pasta é destinada para salvar os arquivos shapefile e outros usados no geoprocessamento que não necessariamente são resultados.

**Topodata.-** A pasta é usada para salvar os arquivos obtidos da base de dados topográfica Topodata do INPE.

**UFC11.mxd.-** É um arquivo de administração de ArcGIS o qual tem configurado os arquivos bases e o grupo de ferramentas desenvolvidas no UFC11. O usuário tem que usar este arquivo para acessar ao aplicativo UFC11.

**UFC11.tbx.-** É o arquivo que contém a configuração do aplicativo para seu uso no ArcGIS. O arquivo já está acoplado ao arquivo UFC11.mxd, não sendo necessário que o usuário carregue novamente o arquivo.

A seguir é descrito o pseudocódigo dos comandos desenvolvidos no aplicativo UFC11 para o geoprocessamento dos dados topográficos e os resultados dos parâmetros hidrológicos. Para conhecer o uso adequado do aplicativo olhar o Manual do Usuário no Anexo 1.

### 3.6.1 Comando 00 Limpar

O objetivo do comando **00 Limpar** é apagar todos os arquivos dos trabalhos anteriores para realizar um novo exemplo. O seguinte é o pseudocódigo do algoritmo desenvolvido em Python.

```

Importar Módulo arcpy
Definir Variáveis Locais Raster, Saida, Shape, UFC11, Ponto, PAnálise, PAL
Apagar Pastas Shape, Saida, Raster, Ponto
Apagar Arquivos PAnálise, APAL
Criar Pastas Raster, Saida, Shape, Topodata, RasterAP

```

### 3.6.2 Comando 01 Ponto

O objetivo do comando **01 Ponto** é pegar do usuário as coordenadas do ponto de interesse, contendo sua correspondente zona geográfica, e salvar os dados num arquivo shapefile, para o início do trabalho de geoprocessamento. O seguinte é o pseudocódigo do algoritmo desenvolvido em Python.

```

Importar Módulo arcpy, zipfile
Definir Variáveis Locais PAnálise, PPonto, Ponto
Apagar PAnálise, PPonto
Extrair ponto
Projetar Ponto, SCOR
Pegar SCOR, leste, norte
Inserir as Coordenadas do Ponto
Projetar Ponto
Apagar Ponto, PPonto

```

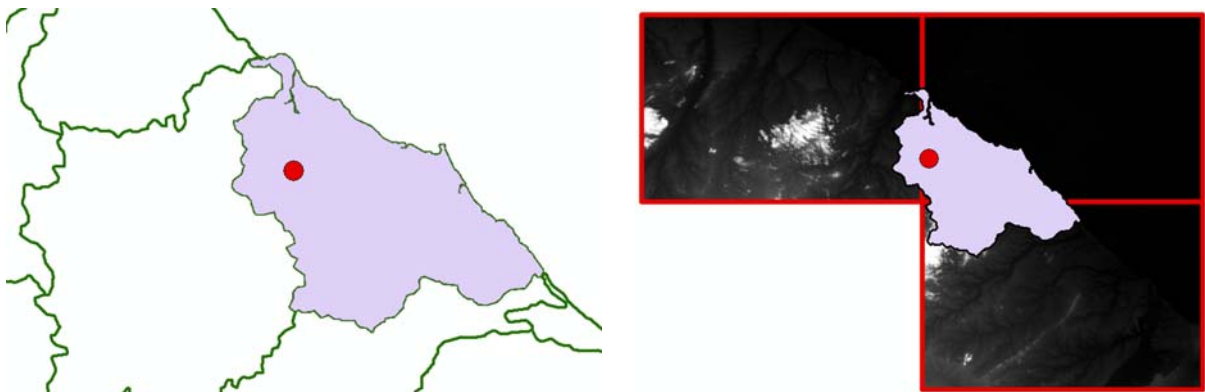
### 3.6.3 Comando 02 Topodata

O objetivo do comando **02 Topodata** é a partir das coordenadas do Ponto de Análise fornecido pelo usuário, é depois de fazer a escolha de um nível de otobacias, o comando

seleciona as cartas topográficas necessárias para o trabalho, descarrega as mesmas do servidor do INPE, extrai os arquivos na pasta Raster, faz a união deles num mosaico gerando um so arquivo raster, projeta o arquivo raster com a Projeção WGS 84 e corta o arquivo raster segundo o polígono da Ottobacia correspondente escolhido pelo usuário.

Na figura seguinte mostrase o proceso espacial geral desenvolvido no aplicativo.

Figura 34 – (esq) mostrase o Ponto de Análise e a Bacia correspondente, (der) mostra as cartas do Topodata correspondentes depois da descarrega.



Fonte: O autor com dados da ANA e INPE (2017).

A seguir o pseudocódigo do algoritmo desenvolvido em Python.

Importar Módulo **arcpy**

*Pegar o Nível das Ottobacias pelo usuário*

Definir **OBCE, PAnálise, RCortar**

Definir Variáveis Locais **OBS, Ponto, Grade, Bacia, GTopo, Tabela, REXT**

Apagar **OBS, GTopo, Bacia, Tabela**

Geoprocesso União Espacial usando o comando do ArcGIS **Spatial Join**

**OBS = Spatial Join (PAnálise, OBC)**

Seleção da Bacia usando a ferramenta de ArcGIS **Select Analysis**.

Selecionar **Bacia = 1**

Usando a ferramenta de ArcGIS **Clip** cortar o Grade Topodata

Cortar **GTopo**

Exportar **Tabela**

Apagar **Ponto, OBS, GTopo**

Importar Módulos **xlrd, urllib, zipfile, os** (Livraria Padrão do Python)

Ler **Tabela**

Iniciar Laço **For** para Leitura de Tabela e descarrega das cartas

Iniciar **For** in range

Ler célula excel **Tabela**

Verificar a existencia do arquivo no computador

Descarregar arquivo raster **url**

Extrair arquivo raster

Extrair **zf**

Fim do Laço

Definir **pasta, rasters, nro**

Ler arquivos da pasta

**rasters = []**

**nro = quantidade (rasters)**

Se o **nro** e 1

Renomear **raster**

Se o **nro** e 2

Renomear **raster1, raster 2**

Unir os raster com a ferramenta de ArcGIS **Mosaic to new Raster.**

Unir **raster1, raster2**

Apagar arquivos raster usando o comando de ArcGIS **Delete**

Apagar **raster1, raster2**

Se o **nro > 2** então

Usando o Laço for fazer a união dos arquivos raster.

Definir Variáveis Locais **raster1, raster2 Raster, raster**

Unir **raster1, raster2**

Apagar **raster1, raster2**

Usando o comando de ArcGIS **Rename**, renomear arquivo raster

Renomear **raster, raster1**

Fim do Laço

Unir os raster com a ferramenta de ArcGIS **Mosaic to new Raster.**

Unir **raster1, raster2**

Usando o comando de ArcGIS **Delete**, apagar arquivos raster

Apagar **raster1, raster2**

Projetar **RCortar**

Usando o comando de ArcGIS **Extract by Mask** cortar o raster

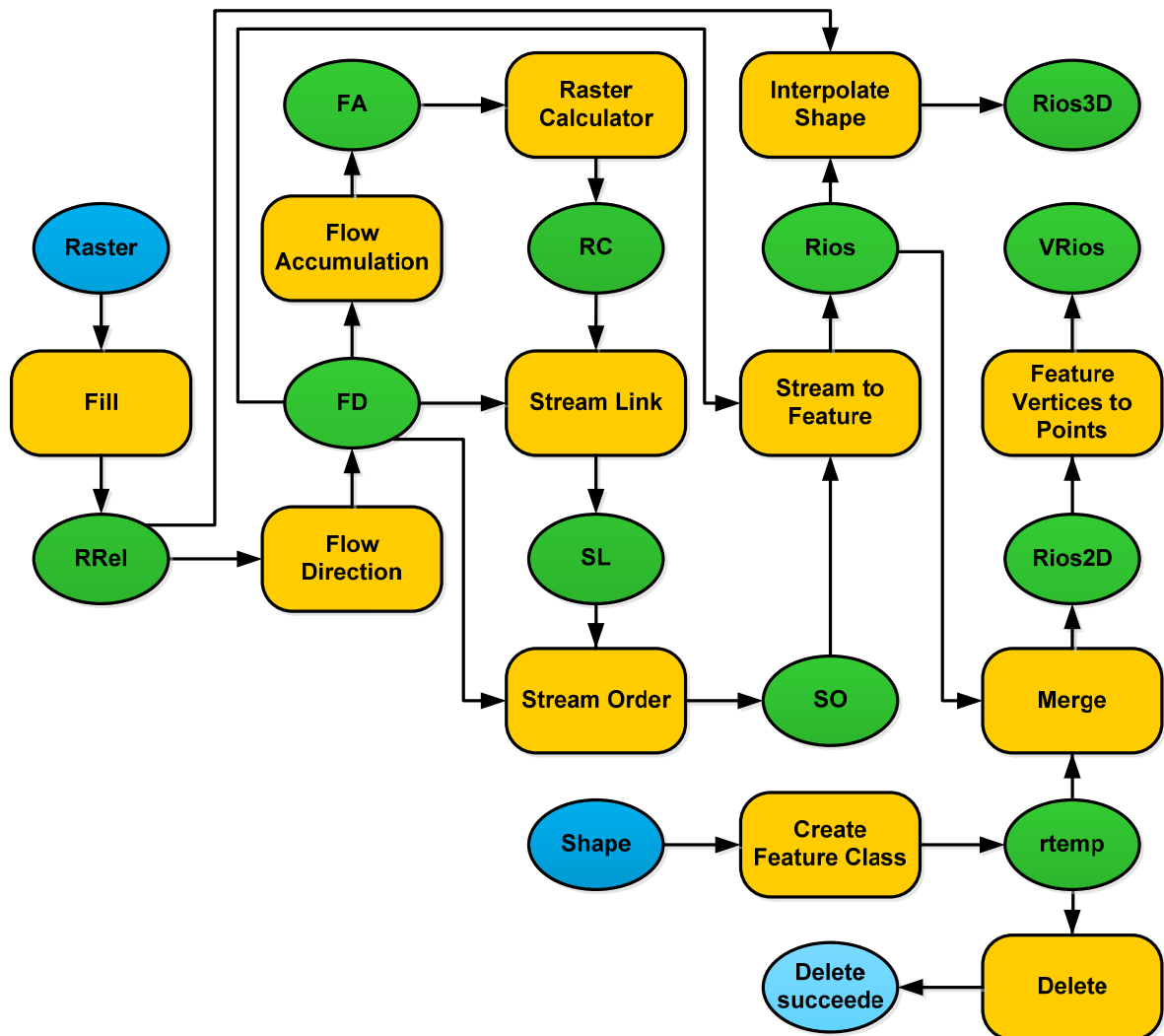
Cortar **REXT**

Apagar **OBS, GTopo, Bacia, Tabela, RCortar**

### 3.6.4 Comando 03 Drenagem

O objetivo do comando **03 Drenagem** é calcular a rede de drenagem pelo uso do geoprocessamento e as ferramentas de análise raster de ArcGIS. O script foi desenvolvido baseado no seguinte fluxograma desenvolvido no Model Builder de ArcGIS.

Figura 35 – Diagrama de Processos. Model Builder no ARCGIS.



Fonte: O autor (2017).

A seguir são indicados o pseudocódigo do algoritmo desenvolvido em Python usando o módulo `arcpy`.

Importar Módulo **arcpy**, **mapping**

Pegar os parâmetros pelo usuário

Definir Variáveis Locais **Raster**, **TRel**, **FD**, **FA**, **RC**, **SL**, **SO**, **Rios**, **Rios3D**, **Rios2D**, **VRios**, **Shape**, **Rtemp**

Apagar **TRel**, **FD**, **FA**, **RC**, **SL**, **SO**, **Rios**, **Rios3D**, **Rios2D**, **VRios**, **rtemp**, **acum**

Determinar a Rede de Drenagem usando as ferramentas de ArcGIS seguintes

**Fill**

**Flow Direction**

**Flow Accumulation**

*Clasificar os Rios pela quantidade de área drenada*

**acum = 3**

**Raster = FA >acum**

**Stream Link**

**Stream Order**

**Stream To Feature**

**Feature Vertices To Points**

**Interpolate Shape**

Apagar **TRel, FA, RC, SL, SO, Rios, rtemp**

*Visualizar os arquivos resultados*

Definir **arquivo1, arquivo2; arquivo3**

Criar **camada1, camada2, camada3**

Adicionar **camada1, camada2, camada3**

### 3.6.5 Comando 04 Bacia

O objetivo do comando **04 Bacia** é definir a bacia hidrográfica, rede de drenagem, talvegue principal, curvas de nível, polígonos de thiesen e os postos pluviométricos para o Ponto de Análise. A seguir são indicados o pseudocódigo do algoritmo desenvolvido em Python usando o módulo `arcpy`.

Importar Módulo **arcpy**

Pegar os parâmetros do usuário

Definir **Exut, Inter, Projecao**

Definir Variáveis Locais **FD, Rios3D, VRios, Rios2d, REXT, EPluvio, BH, pchtemp, bhtemp, Shape, politemp, BTopotemp, rtop, cniveltemp, linhawgs84, btopobuf, PPluv, thtem, thtemp, ttemp, ptem, ptemp, thies, TTOPOUTM, bproj, ptosor, ptsp, maxptx, Bacia, r2dt, pvert, r3Dt, vtop, PtosT, PtosEx, maxpt, BTopo, rtopo, cnivel, PPTOPO, ThiessenTPUTM, Estacoes, drios, maxrio**

Apagar **BH, pchtemp, bhtemp, politemp, Bacia, r2dt, r3Dt, vtop, PtosT, ptosor, ptsp, pvert, BTopotemp, BTopo, rtop, rtopo, cniveltemp, cnivel, linhawgs84, btopobuf, PPluv, thtem, thtemp, ttemp, ptem, ptemp, PPTOPO, thies,**

**TTOPOUTM, bproj, ThiessenTPUTM, Estacoes, maxpt, maxptx, PtosEx, drios, maxrio**

*Definir a Bacia do Exutório usando os comandos ArcGIS seguintes.*

**Watershed**

**RasterToPolygon**

Apagar **bhtemp, phtemp**

Cortar **Rios2D, Rios3D, VRios**

*Determinar as distâncias dos pontos até o Exutório*

Definir **fdpr, rbac, frbac, fdbac, longit**

Usando o comando do ArcGIS **Delete** apagar arquivos anteriores

Apagar **fdpr, rbac, frbac, fdbac, longit,**

Cortar Raster com Bacia Hidrográfica usando o comando **Extract by Mask** de ArcGIS

Cortar **REXT**

Calcular o Ponto mais longe do exutório do arquivo REXT usando os comandos seguintes e exportar tabela com valores maximos

**Fill**

**FlowDirection**

Projetar **fdpr**

**FlowLength**

Usando o comando do ArcGIS **Delete** apagar arquivos temporários

Apagar **rbac, frbac, fdbac,**

**FeatureVerticesToPoints**

Exportar Vertices Inicias

Selecionar **PtosT**

Ordenar **PtosT**

Projetar **PtosT**

**Extrair PtosT**

Estatistica Valores Máximos

Exportar Tabela

*Criar Folga da Bacia*

Buffer

Extrair Raster

Criar Curvas de Nível



Usando o comando do ArcGIS **Delete** apagar arquivos temporários

Apagar **BH, bhtemp, politemp, BTopotemp, pvert, rtop, cniveltemp, linhawgs84, maxptx**

Determinar as Estacoes Pluviométricas

Determinar os polígonos de Thiessen e os postos pluviométricos.

Criar Folga da Bacia

Cortar os Postos Pluviométricos dentro da Folga

Criar os Polígonos de Thiessen

Usando o comando de ArcGIS **Spatial Join** fazer a união espacial dos Polígonos de Thiessen e os Postos Pluviométricos

União Espacial **Epluvio, ttemp**

Selecao dos Postos Pluviométricos contidos nos Polígonos de Thiessen da Bacia

Projetar Postos Pluviométricos

Projetar **PPTOPO**

Cortar os Polígonos de Thiessen com a Bacia

Projetar **TTOPOUTM**

Projetar **Bacia**

Calcular Área da Bacia Hidráulica

Usando o comando de ArcGIS **Spatial Join** fazer a união espacial dos Polígonos de Thiessen e a Bacia Hidrologica

União Espacial **TTOPOUTM, bproj**

Exportar Tabela para Excel

Apagar **btopobuf, PPluv, thtem, thtemp, ttemp, ptem, ptemp, thies, TTOPOUTM, bproj**

*Projetar Arquivos*

Definir **CNUTM, rtutm, vtopoutm, btopoutm, Rastopoutm, Bacia3D, RioEx**

Apagar **CNUTM, rtutm, btopoutm, vtopoutm, Rastopoutm, Bacia3D, rsor, RioEx**

Projetar **cnivel, r2dt, vtop, Bacia, rtopo**

Interpolar Arquivo **Shape**

Exportar Tabela para Excel

Apagar **rsor, drios**

Visualizar os arquivos resultados

Criar **camada1, camada2, camada3, camada4, camada5, camada6, camada7**

Adicionar **camada7, camada6, camada5, camada4, camada3, camada2, camada1**

### 3.6.6 Comando 05 Nova Bacia

O objetivo do comando **05 Nova Bacia** é salvar os arquivos resultados do geoprocessamento em uma pasta definida pelo usuário, e depois limpar e apagar todos os arquivos dos trabalhos anteriores para realizar um novo trabalho.

A seguir são indicados o pseudocódigo do algoritmo desenvolvido em Python usando o módulo `arcpy`.

Importar Módulo `arcpy`

Pegar dados do usuário `NomePasta`

Definir `BTOPO_DWG`, `B3DTOPO_DWG`, `CNivelTOPOUTM_DWG`,  
`PPluvioTopo_DWG`, `RTOPO_dwg`, `TalvegueTOPO_dwg`, `Talvegue3DTOPO_dwg`,  
`ThiessenTopo_dwg`, `btopoutm_shp`, `CNUTM_shp`, `PPluvioTOPO_shp`,  
`rtopoutm_shp`, `ThiessenTPUTM_shp`, `TPralTDUTM_shp`, `vtopoutm_shp`,  
`Estacoes_xls`, `Rastopoutm_tif`, `rtopo_tif`, `bhidro_shp`, `BTopo_shp`, `cnivel_shp`,  
`PtoTalvegue_shp`, `r2dtopo_shp`, `r3Dtopo_shp`, `talvegueTD_shp`, `vtopo_shp`,  
`Bacia3DTopo_shp`, `Talvegue3DTOPO_shp`

Cria pasta `Saida`

Copiar `BaciaTopo_dwg`, `Bacia3DTopo_dwg`, `Cnivel_dwg`, `ppluvio_dwg`, `rtop_dwg`,  
`talvegue_dwg`, `talvegue3D_dwg`, `thiessen_dwg`, `btopoutm_shp`, `Cnivel_shp`,  
`ppluviot_shp`, `rtopoutm_shp`, `thiessen_shp`, `talveguepral_shp`, `Estacoes_xls`  
Apagar `CNivelTOPOUTM_DWG`, `PPluvioTopo_DWG`, `RTOPO_dwg`,  
`TalvegueTOPO_dwg`, `Talvegue3DTOPO_dwg`, `ThiessenTopo_dwg`, `btopoutm_shp`,  
`CNUTM_shp`, `PPluvioTOPO_shp`, `BTOPO_DWG`, `B3DTOPO_DWG`,  
`rtopoutm_shp`, `ThiessenTPUTM_shp`, `TPralTDUTM_shp`, `Estacoes_xls`,  
`vtopoutm_shp`, `vtopo_shp`, `talvegueTD_shp`, `r3Dtopo_shp`, `r2dtopo_shp`,  
`PtoTalvegue_shp`, `cnivel_shp`, `BTopo_shp`, `bhidro_shp`, `rtopo_tif`, `Rastopoutm_tif`,  
`Bacia3DTopo_shp`, `Talvegue3DTOPO_shp`

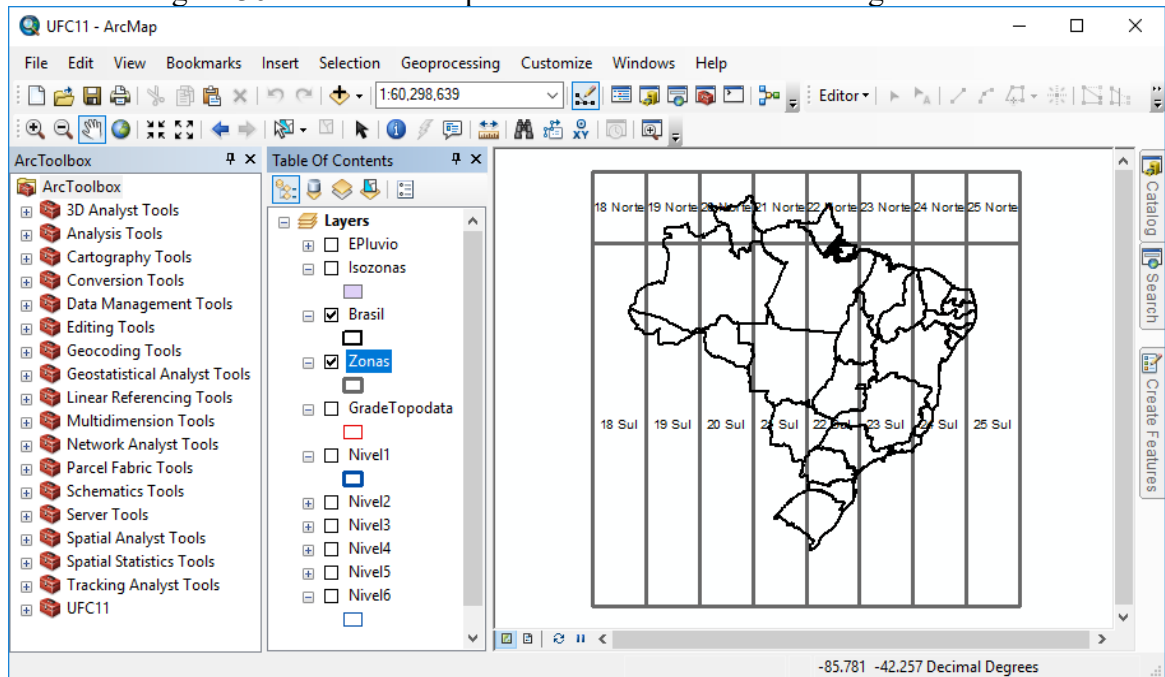
## 4 RESULTADOS

Segundo foi explicado na metodologia, o plugin UFC11 no ArcGIS, consiste num grupo de ferramentas contendo diversas funções. O grupo de ferramentas pode ser visualizada na figura 37 e seus comandos serão demonstradas a seguir.

Para a descrição dos resultados, foi considerado o Açude Gavião localizado nas coordenadas leste 552123 e norte 9553599 na zona 24S. No final considerou-se as discussões

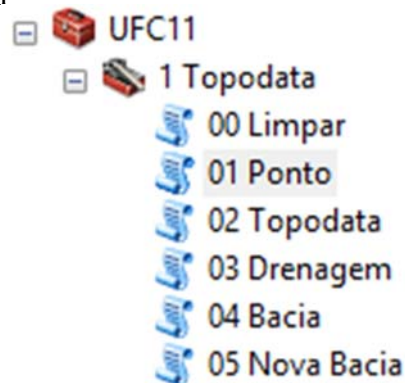
sobre o tempo de processamento comparando com os resultados anteriores obtidos no trabalho de Albuquerque (2017).

Figura 36 – Janela Principal do ArcGIS mostrando o Plug-in UFC11.



Fonte: O autor (2017).

Figura 37 – Grupo de Ferramentas desenvolvidas no Plug-in UFC11



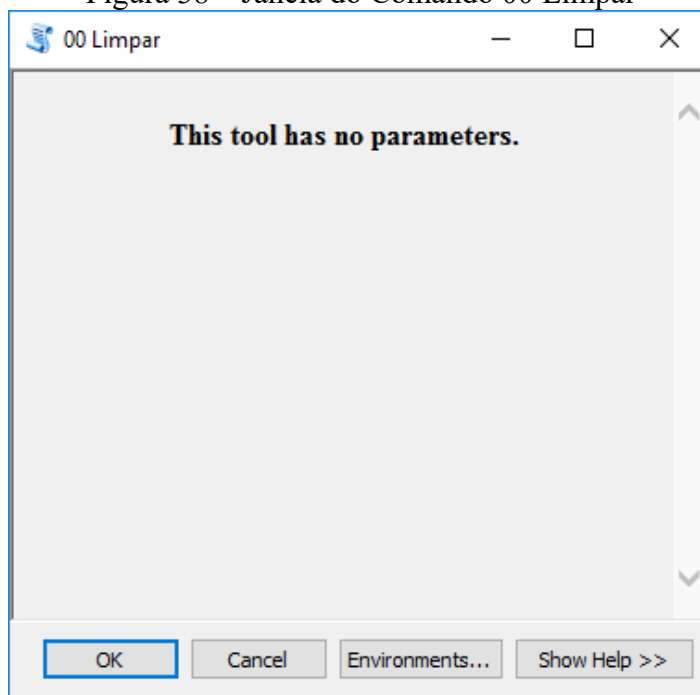
Fonte: O autor (2017).

#### 4.1 Plugin UFC 11

A seguir apresenta-se os comandos desenvolvidos em Python, o plugin UFC11 no ArcGIS 10.2.2, mostra-se as janelas do aplicativo e os resultados dos comandos. **Para o melhor conhecimento do uso do aplicativo, olhar o Anexo 1. Manual do Usuário UFC11.**

O primeiro comando **00 Limpar**, não tem parâmetros para ser ingressados pelo usuário, o resultado do uso do comando é a limpeza dos arquivos de trabalhos anteriores, não tendo uma janela de resultados específicos na tela do ArcGIS. **Os arquivos apagados não são salvos e não podem se recuperar da Lixeira do Sistema Windows.**

Figura 38 – Janela do Comando 00 Limpar



Fonte: O autor (2017).

A figura 39, mostra o comando **01 Ponto**, tem parâmetros para ser ingressados pelo usuário, o qual tem que digitar as coordenadas leste e norte do ponto de estudo, adicionalmente tem que escolher a zona geográfica do mesmo. **Sendo obrigatorio o ingresso dos dados das coordenadas as quais tem que ter a projeção WGS 84.** Para ingressar as coordenadas não é necessário o uso de casas decimais, pela razão que o ponto não representa o eixo do rio, o qual será determinado depois do análise da topografia. Se o usuário não escolhe a zona geográfica, pelo default é considerada a zona 24S correspondente ao Estado do Ceará. O resultado do comando é a criação de um arquivo shapefile contendo o ponto de análise com as coordenadas inseridas pelo usuário. O ponto tem o sistema WGS 84 em coordenadas geograficas.

A figura 40 mostra o comando **02 Topodata**, o qual tem parâmetros para ser ingressados pelo usuário, o qual tem que fazer a escolha do nível de Ottobacias e a escolha do arquivo shapefile que contém o ponto de análise, sendo ambos opcionais, já que o ponto de análise é pelo default o ponto gerado no anterior comando 01 Ponto. Se o usuário não indica o valor do nível Ottobacia, pelo default é o nível 4.

O resultado do comando é a descarga das cartas topográficas necessárias do servidor do INPE, a união, projeção do arquivo com a Projeção WGS 84 é o corte segundo o polígono da Ottobacia correspondente escolhido pelo usuário, o qual é salvo na pasta Raster.

Figura 39 – Janela do Comando 01 Ponto

Fonte: O autor (2017).

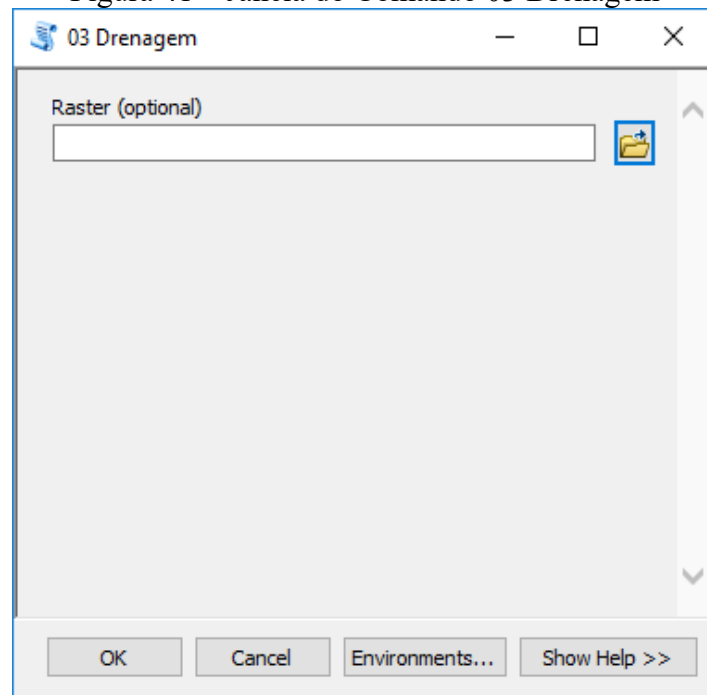
Figura 40 – Janela do Comando 02 Topodata

Fonte: O autor (2017).

A seguir a figura 41 mostra o comando **03 Drenagem**, o qual tem um parâmetro a ser ingressado, o qual é opcional, já que o DEM pelo default é o resultado do comando anterior.

**Se o usuário tem outro DEM pode usar o comando somente se a projeção do arquivo e WGS 84.**

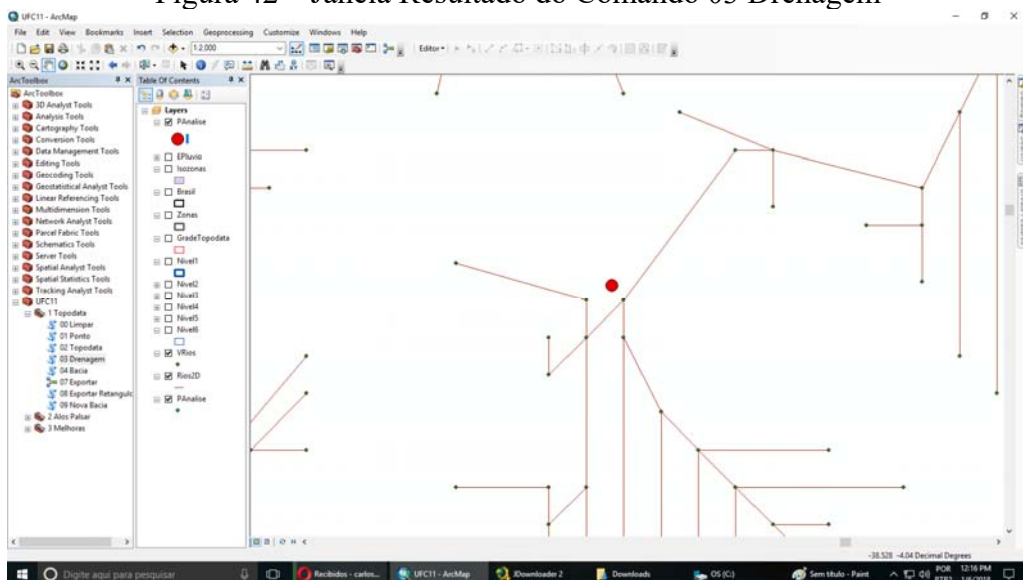
Figura 41 – Janela do Comando 03 Drenagem



Fonte: O autor (2017).

A seguir a figura mostra o resultado do comando **03 Drenagem**, o qual mostra o ponto de análise em vermelho, a rede de drenagem e os pontos dos vértices na janela do ArcGIS. O usuário tem que escolher e salvar o ponto da rede de drenagem que representa o ponto de estudo, e assim continuar com o seguinte comando. O ponto

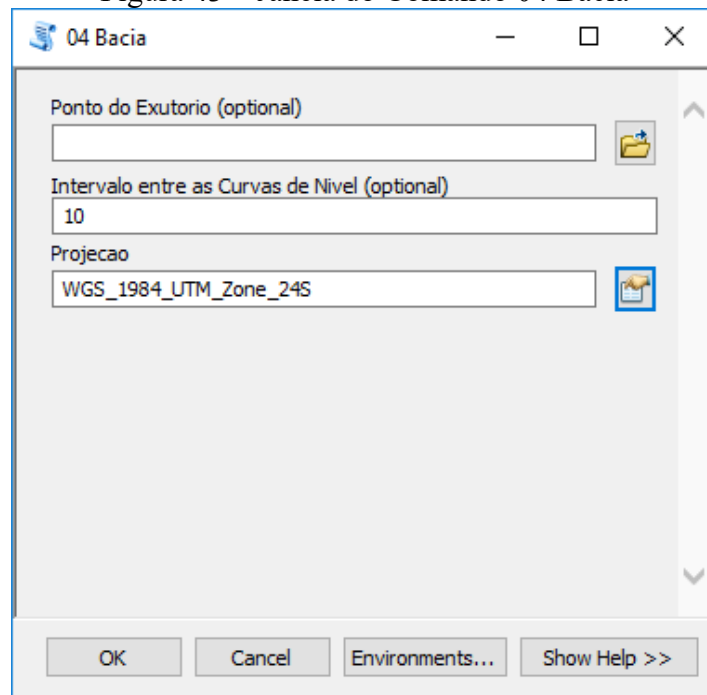
Figura 42 – Janela Resultado do Comando 03 Drenagem



Fonte: O autor (2017).

A seguir mostra-se o comando **04 Bacia**, com seus parâmetros opcionais. Sendo o exutório, o ponto salvo no anterior comando, o intervalo, é o espaçamento das curvas de nível.

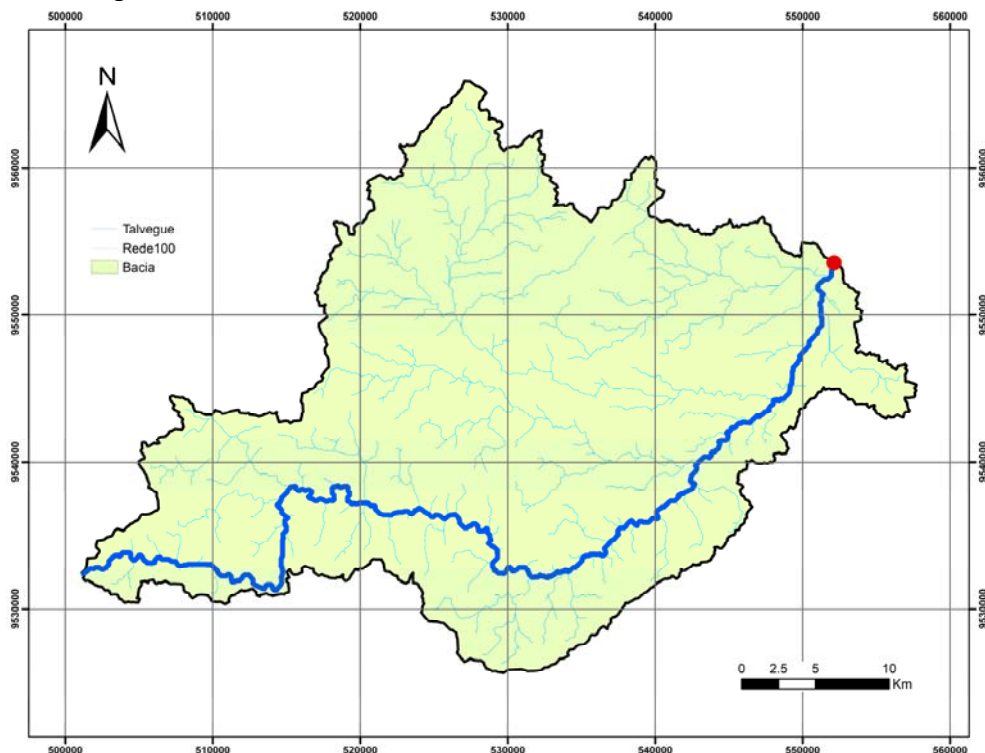
Figura 43 – Janela do Comando 04 Bacia



Fonte: O autor (2017).

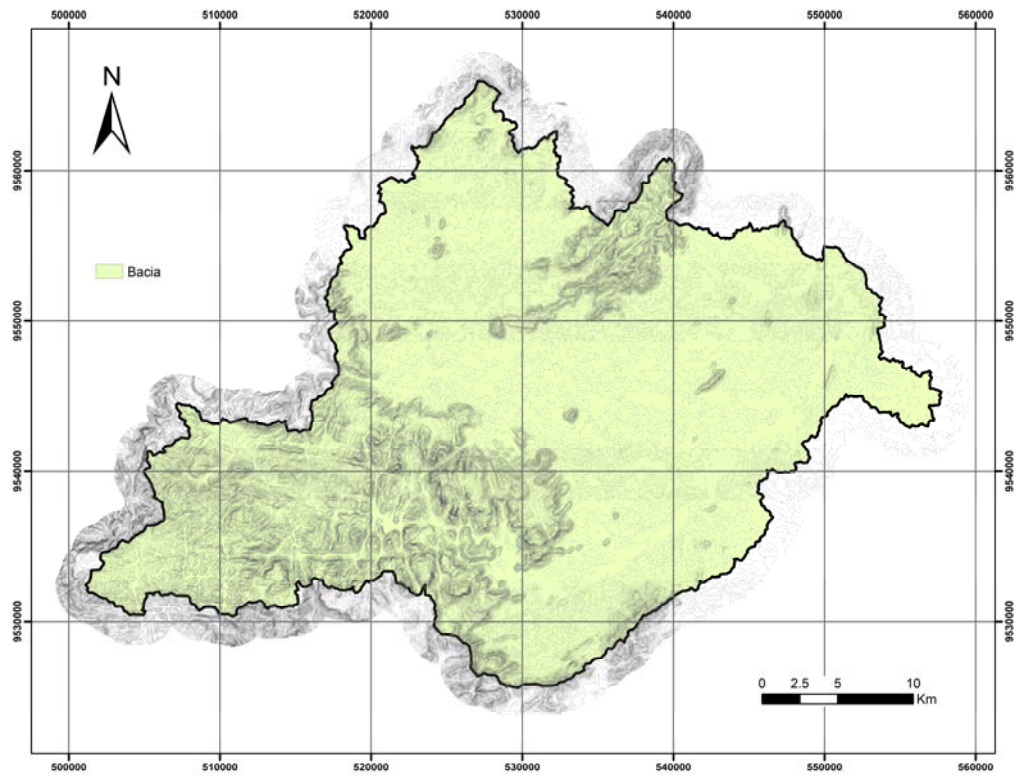
A seguir a figura mostra o resultado do comando **04 Bacia**, o qual resulta em diversos arquivos em formatos shapefile (.shp), formato cad (.dwg) e uma tabela excel com os dados resumo dos postos pluviométricos.

Figura 44 – Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Bacia Hidrográfica, Rede de Drenagem e o Talvegue Principal.



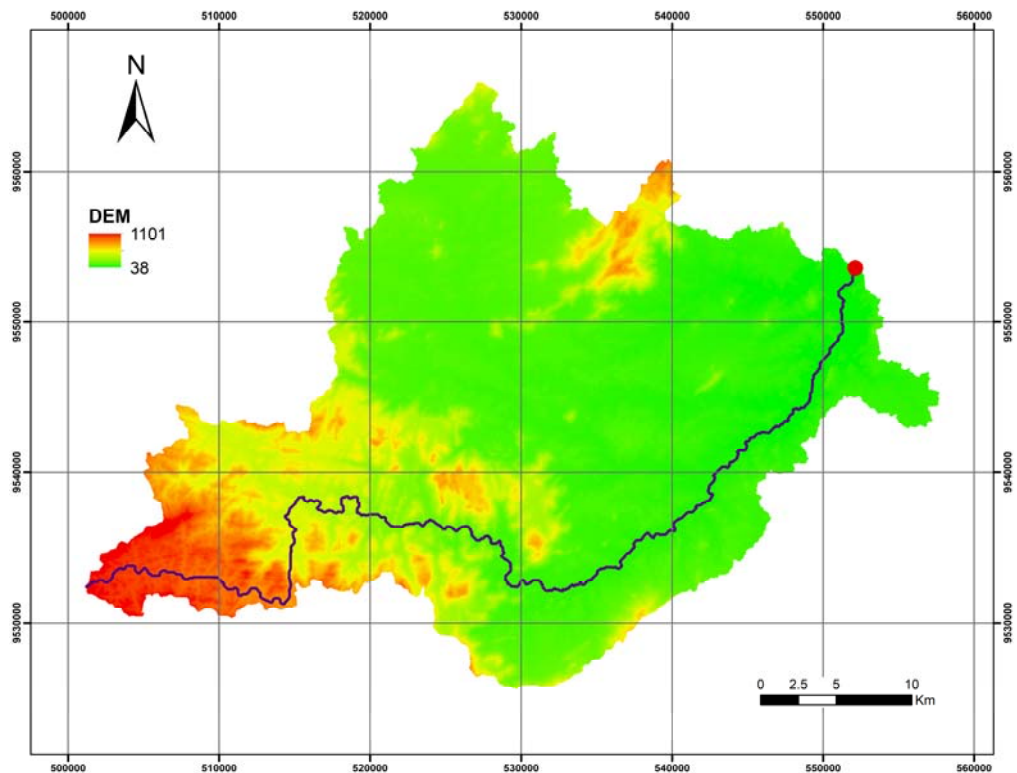
Fonte: O autor com uso do aplicativo UFC11 (2017).

Figura 45 – Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Bacia Hidrográfica e Curvas de Nivel.



Fonte: O autor com uso do aplicativo UFC11 (2017).

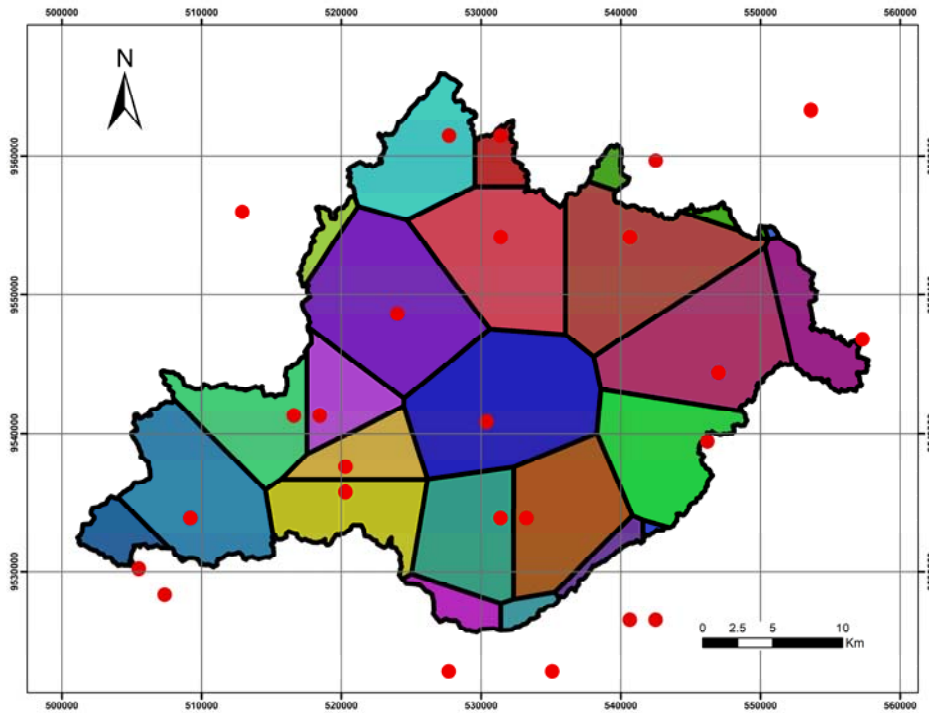
Figura 46 – Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Modelo Digital de Elevação.



Fonte: O autor com uso do aplicativo UFC11 (2017).



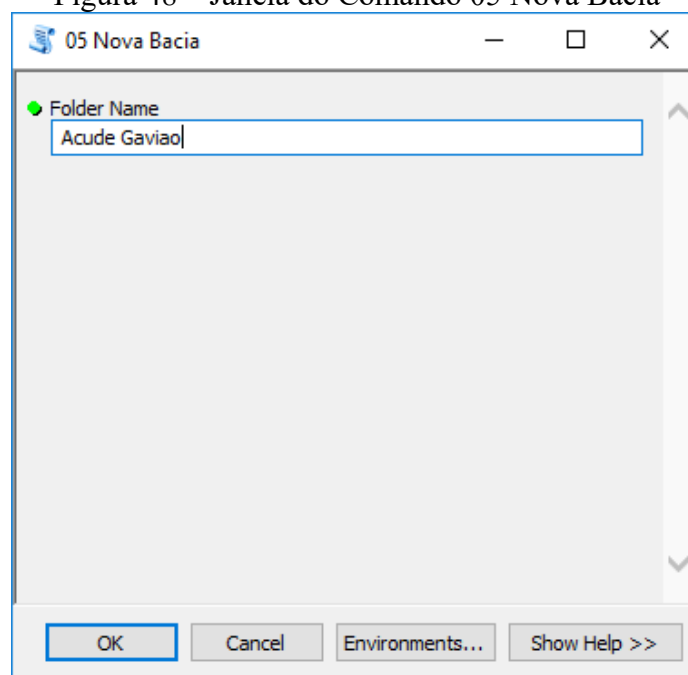
Figura 47 – Janela Resultado do Comando 04 Bacia. Polígonos de Thiessen e Postos Pluviométricos.



Fonte: O autor com uso do aplicativo UFC11 (2017).

A seguir a figura mostra a janela do comando **05 Nova Bacia**, o qual recebe do usuário o nome da pasta a ser criada, para salvar os arquivos resultados do geoprocesso, e depois limpa e apaga todos os arquivos do trabalho realizado para fazer um novo trabalho. A pasta com os arquivos salvados fica na pasta Saida do aplicativo.

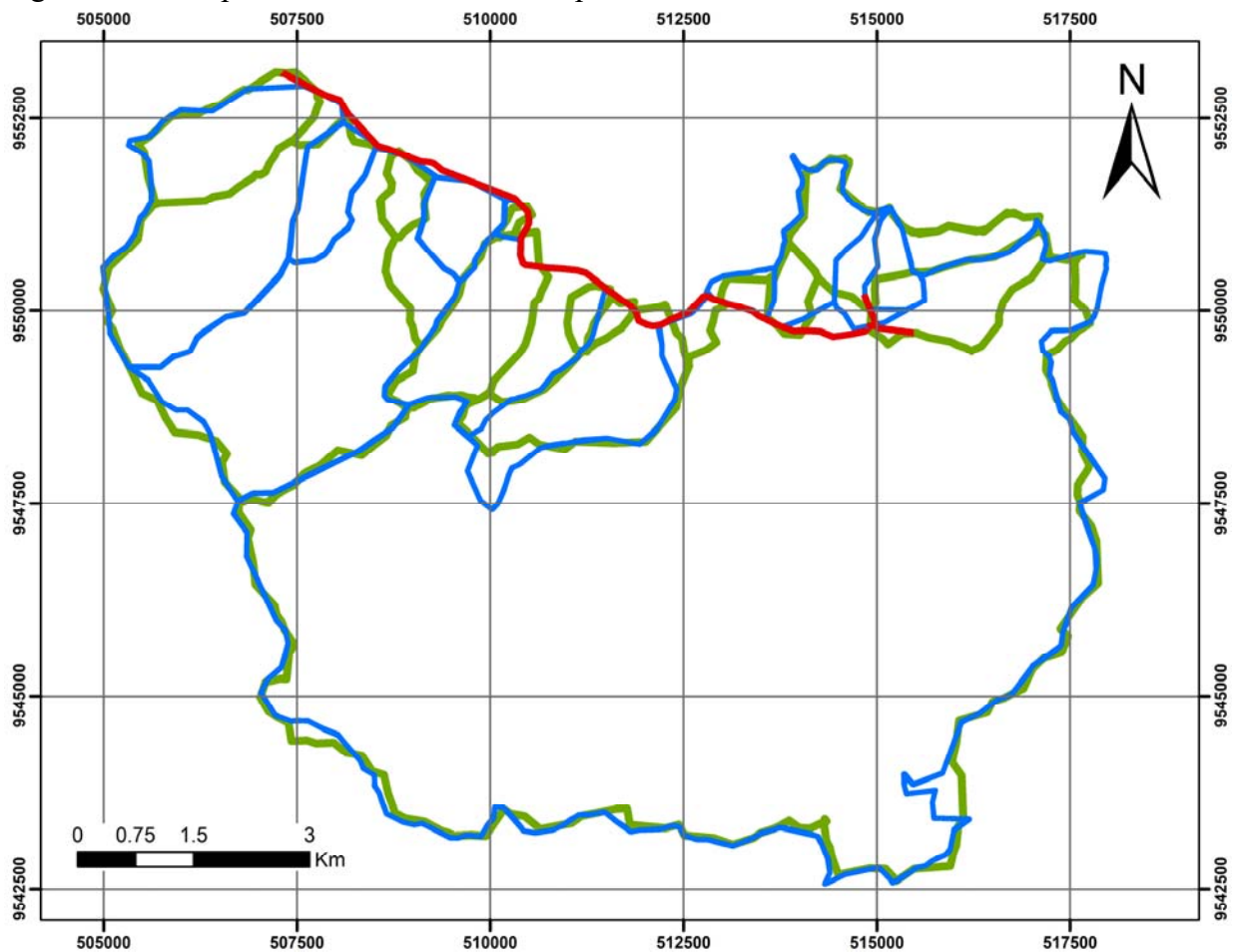
Figura 48 – Janela do Comando 05 Nova Bacia



Fonte: O autor (2017).

O uso do aplicativo para a determinação das bacias hidrográficas deu resultados variáveis comparados com o processamento manual realizado em um anterior trabalho realizado (CASTRO, 2013) na rodoviária CE-354 localizada no Município de Itapebussu. Isso e pela diferente base de dados topográficos obtidos para o trabalho, sendo o uso de curvas de nível fornecidas pela EMBRAPA o usado nesse trabalho. Em azul bacias hidrográficas obtidas manualmente com uso do software AutoCAD. Em verde Bacias Hidrográficas obtidas com o Aplicativo UFC11 desenvolvido na pesquisa. Local Rodovia Itapebussu.

Figura 49 – Comparativa Bacias Rodovia Itapebussu.



Fonte: O autor com uso do aplicativo UFC11 (2017).

## 4.2 Comparativa de Tempo de Processamento Computacional

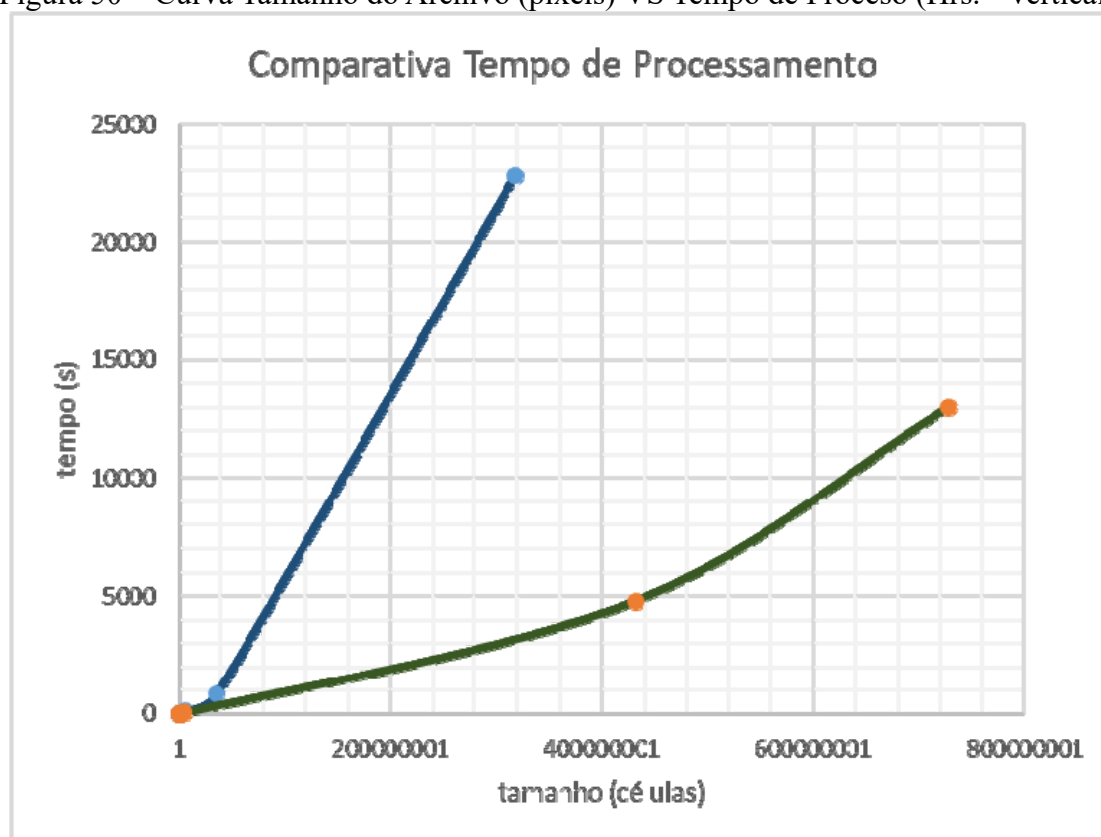
No teste do plug-in UFC11 e seus diferentes comandos, utilizou-se um computador portátil Toshiba Satellite P755, com um procesador i7, 4 GB de memória RAM e disco de estado sólido (SSD) de 120 GB, para o trabalho da presente pesquisa, o plug-in foi desenvolvido na versão 10.2.2 de ArcGIS e usando a versão 2.6 de Python instalada com ArcGIS. No trabalho de Albuquerque (2017), foi utilizado um computador portátil com um procesador Intel Core i5, memória 8GB, e disco 1TB HDD. Além disso, testou-se a

compatibilidade com versões novas de ArcGIS até a a versão 10.5. Os parâmetros morfológicos da bacia hidrográfica (divisor da bacia, talvegue principal, rede de drenagem, curvas de nível, polígonos de Thiessen, postos pluviométricos), são fornecidos em formato shapefile e formato dwg compatível com diferentes programas de simulação hidrológica e hidráulica.

Depois de fazer o teste de cada um dos comandos do Plug-in UFC11, foi observado os resultados relativos ao tamanho do arquivo raster delimitado pelo uso de níveis de bacia (Ottobacias), o que indicou uma melhoria no tempo de processamento ao escolher um nível apropriado.

Na figura seguinte mostra os resultados obtidos no presente trabalho (verde) e os obtidos no trabalho de Albuquerque (azul). Somente considero-se o tempo no uso do comando Drenagem, o qual abrange o nível de Ottobacias.

Figura 50 – Curva Tamanho do Arquivo (pixels) VS Tempo de Proceso (Hrs. - Vertical).



Fonte: O autor (2017) com dados de Albuquerque (2017).

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As situações seguintes destacam-se entre as conclusões do desenvolvimento do Plug-in UFC11 e seu uso na determinação dos parâmetros morfológicos das bacias hidrográficas.

## 5.1 Conclusões

Devido à automação, economizando tempo reduzindo o trabalho supervisionado, o número de horas-homem utilizadas na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica é reduzido.

Ter uma configuração previamente definida reduz o tempo perdido devido a erros na configuração de parâmetros dos diferentes geoprocessos.

A configuração do plug-in para o uso de bancos de dados públicos permite que o usuário use esses recursos eficientemente para o geoprocessamento.

Também quando a informação oficial, previamente calibrada, é utilizada, obtém-se uma maior precisão nos resultados.

## 5.2 Recomendações

Sendo necessário a continuação do desenvolvimento das ferramentas, considera-se necessário considerar as seguintes recomendações.

- Adaptar o aplicativo para outras bases de dados topográficas de países de América do Sul. Sendo atualmente de livre acesso as bases de dados de Argentina, Peru, Bolívia e Uruguai.

- Adicionar ferramentas para o uso de imagens espectral de satélite (LandSat, Sentinel), considerando a determinação de índices de vegetação (NDVI, GNDVI, GVI, NGRDI, etc) e outros.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb. Sistema de Informações Hidrológicas**. < <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em 11 nov. 2017.
- ALBUQUERQUE, Santos Adrya. **Delimitação de Rede de Drenagem e limite de Bacia Hidrográfica utilizando Sistema de Informações Geográficas: Aplicação no Rio Maranguapinho - Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso. Fortaleza – CEARÁ. 2017.
- ARANA, Miguel; et al. What precision in the Digital Terrain Model is required for noise mapping?. **Applied Acoustics**. v. 72, p. 522 – 526. 2011.
- BERNÉ, Valero Jose Luis; ANQUELA, Julian Ana Belen; GARRIDO, Villen Natalia. **GNSS: GPS: Fundamentos y aplicaciones en Geomatica**. Universitat Politecnica de Valencia. Valencia. 2014.
- BORGES, Luiz Eduardo. **Python para Desenvolvedores**. 2. ed. Creative Commons. Rio de Janeiro. 2010.
- CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andrea S. ; MAGALHÃES, Geovane C. ; MEDEIROS, Claudia B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geografica**. GEOTEC. Rio de Janeiro. 1996.
- CAMPOS, Jose Nilson B. **A Agua e a vida textos e contextos**. ABC. Fortaleza. 1999.
- CASTRO, Marco Aurelio Holanda de. **Engenharia de Aguas Urbanas**. Expressão Grafica Editora. Fortaleza. 2013.
- DIXON, Barnali; UDDAMERI, Venkatesh. **GIS and Geocomputation for Water Resource Science and Engineering**. Wiley Blackwell. American Geophysical Union. 2016.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **About ArcGIS Desktop**. < <http://desktop.arcgis.com/en/> >. Acesso em 25 nov. 2017.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS for Desktop 10.2**. ESRI Press. 2012.
- FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de Textos. São Paulo, 2008.

GARCIA, Almirall Pilar; VALLS, Dalmau Francesc; MOIX, Bergada Montserrat. **SIG em la Gestió de la Informació Urbanística em el àmbito local**. Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV). Universidad Politecnica de Catalunya. Barcelona.2011.

HUERTA, Eduardo; MANGIATERRA, Aldo; NOGUERA, Gustavo. **GPS: Posicionamiento Satelital**. UNR Editora - Universidad Nacional de Rosario. Rosario. 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TOPODATA. Banco de Dados Geográficos do Brasil**. < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php>>. Acesso em 10 nov. 2017.

JETBRAINS. **PyCharm IDE**. < <https://www.jetbrains.com/pycharm/>>. Acesso em 25 abr. 2017.

JOHNSON, Lynn E. **Geographic Information Systems in Water Resources Engineering**. CRC Taylor & Francis. Boca Raton, Florida. 2009.

KWAK, Youngjoo; PARK, Jonggeol; FUKAMI, Kazuhiko. Estimating floodwater from MODIS time series and SRTM DEM data. **Artificial Life Robotics**, v. 19, p. 95–102. 2014.

LABORATORIO DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL (LAHC). **Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental**. < <http://www.lahc.ufc.br>>. Acesso em 11 nov. 2017.

LONGLEY, Paula; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Sistemas e Ciencia da Informação Geografica**. Bookman. Porto Alegre, 2013.

LUTZ, Mark; ASCHER, David. **Aprendendo Python. Programação orientada a objetos**, 2. ed. Bookman. Porto Alegre, 2007.

MAIDMENT, David; DJOKIC, Dean. **Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems**. ESRI Press. 2000, pp 17-19.

MCNAMARA, Joel. **GPS For Dummies**. Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, Indiana. 2004.

MAYS, Larry W. **Ancient Water Technologies**. Springer. Arizona State University. Tempe, 2010.

MENDIZABAL, Samper Jaizki; BERENGUER, Perez Roc; MELÉNDEZ, Lagunilla Juan. **GPS & Galileo: Dual RF Front-end Receiver and Design, Fabrication, and Test**. The McGraw-Hill Companies. 2009.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília. Brasília. 2012.

MORAES, Elisabete Caria de. **Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2010

OLAYA, Victor. **Sistemas de Información Geográfica Tomo I**. Creative Common. 2012

PACHECO, Gomes João Victor; SILVA, de Barros Rafael. A importância das Ottobacias para gestão de recursos hídricos. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 2011.

POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL (POSDEHA). **Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental**. <<http://hidro.deha.ufc.br/posdeha/>>. Acesso em 11 nov. 2017.

SANTOS, Alexandre Rosa dos; LOUZADA, Franciane L. R. de Oliveira; EUGENIO, Fernando Coelho. **ArcGIS 9.3 Total. Aplicações para Dados Espaciais**. Alegre- ES. 2010.

SANTOS, Jorge. **Topodata – Modelo Digital de Elevação Processado pelo INPE**. Blog Processamento Digital. <<http://www.processamentodigital.com.br/2012/12/20/topodata-modelo-digital-de-elevacao-processado-pelo-inpe/>>. Acesso em 13 mar. 2017.

SANTOS, Simone M. ; SOUZA, Santos Reinaldo. **Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública. Volume 2**. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Brasília. 2007.

TOMS, Silas. **ArcPy and ArcGIS - Geospatial Analysis with Python**. Pack Publishing, pp 12-22. 2015

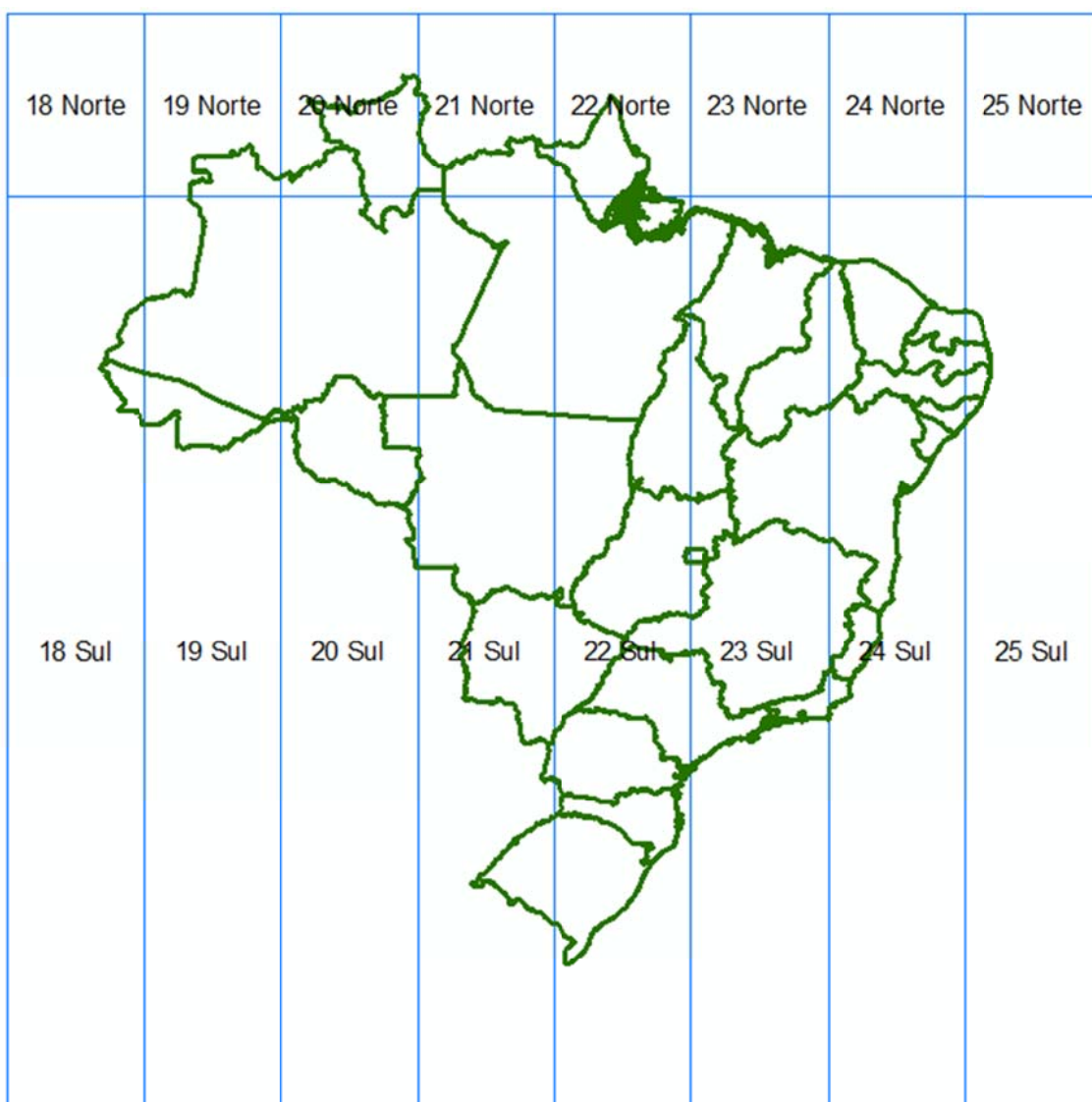
TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank – UNESCO. Brasília, 2005.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **SRTM Topography**. Disponível em <[https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/Documentation/SRTM\\_Topo.pdf](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/Documentation/SRTM_Topo.pdf)>. Acesso em 11 nov. 2017.

VALERIANO, Marcio de Morrison; ROSSETI, Dilce de Fatima. Topodata Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v 32, p 300 - 309. 2012.

**ANEXO A**  
**MANUAL DO USUARIO**

UFC11 v1.1



FEVEREIRO 2018



## 1.0 INTRODUÇÃO

Diante da necessidade cada vez maior de softwares e tecnologias avançadas, visando melhores resultados dos projetos e dos planejamentos dos empreendimentos, além de uma velocidade mais significativa na realização dos processos, com obtenção de uma precisão segura, implementou-se um plug-in, chamado UFC11 na plataforma do ArcGIS. O ArcGIS, consiste em um Sistema de Informação Geográfica (GIS) utilizado para criação e utilização de mapas, compilação de dados geográficos, análise de informações mapeadas e gestão de informações geográficas em bancos de dados. Sendo utilizado para diversos fins, tais como projetos topográficos, cadastro e projetos hidrológicos.

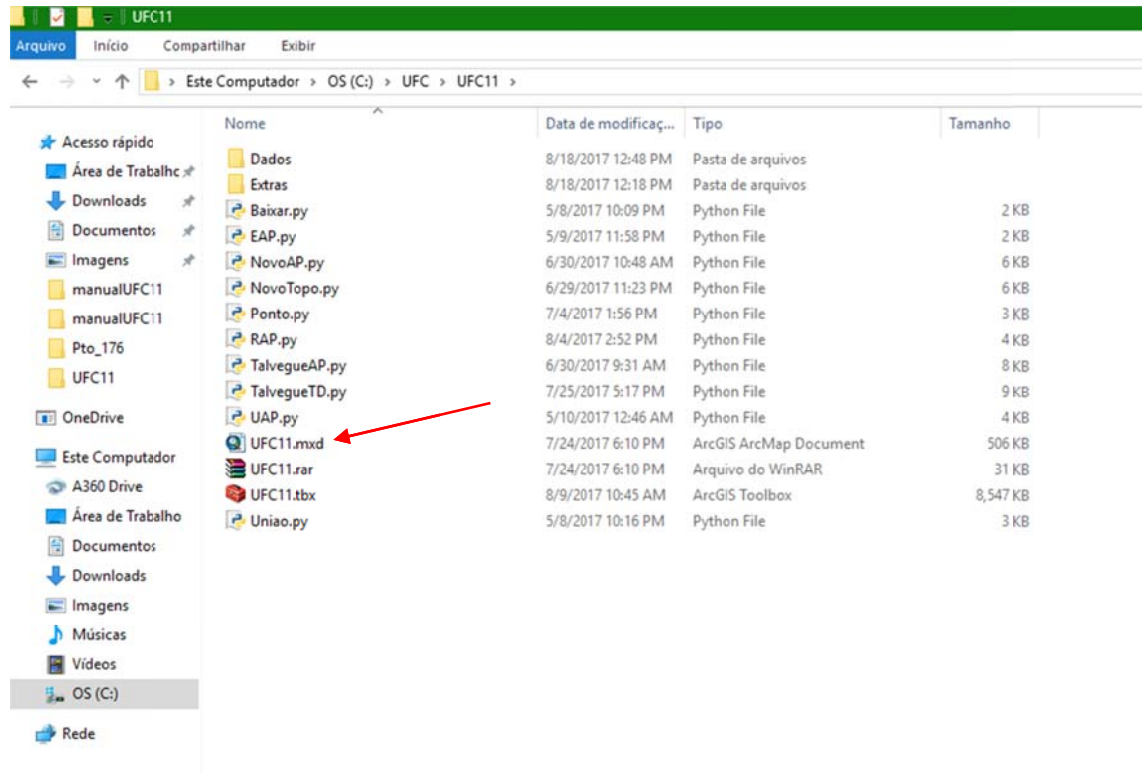
Para a realização de um estudo sobre a construção de uma barragem ou ponte por exemplo, dependendo da grandeza da obra, o estudo é bastante demorado, mesmo usando máquinas computacionais de última geração. UFC11, além das vantagens citadas anteriormente, possui fácil manuseio e interação com o usuário, otimizando ainda mais o processo desejado. Essa implementação, possui etapas sequenciadas, com funções de fácil operação. Ao finalizar todo o estudo, arquivos serão gerados na pasta a qual será aberta o plug-in. Dentro da pasta UFC11 haverá alguns arquivos com suas determinadas funcionalidades.

- **Dados:** Responsável pelo armazenamento dos dados que serão usados pelo plug-in *UFC11*;
- **Extras:** Pasta de armazenamento de imagens ou arquivos adicionais;
- **Raster:** Local onde serão armazenados os arquivos raster baixados e/ou temporários;
- **Saída:** Pasta que disponibilizará os arquivos finais;
- **Shape:** Pasta que serão armazenados os arquivos shape temporários;
- **Topodata:** Pasta que conterão os arquivos *.zip* baixados do servidor Topodata do INPE;
- **UFC11.mxd:** Arquivo ArcMap, a qual inicializará o Plug-in;
- **UFC11.tbx:** Arquivo que será armazenado no ArcToolbox.

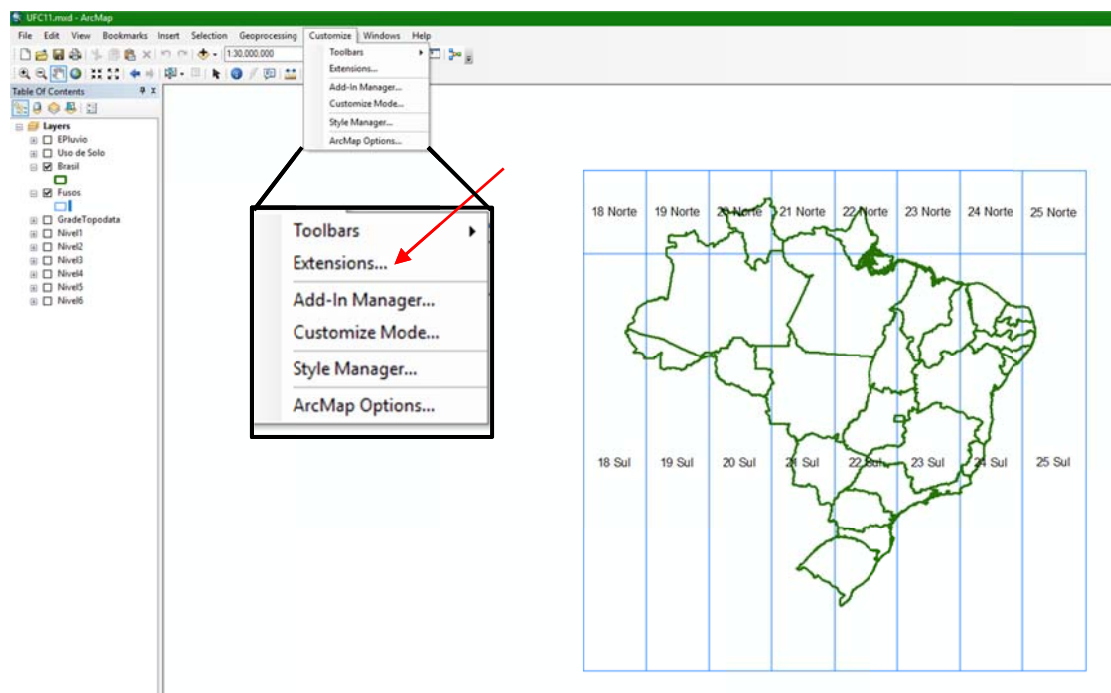
A seguir, será explanado todas as etapas com suas respectivas finalidades, afim de melhorar o entendimento e importância do Plug-in UFC11.

## 2.0 TUTORIAL GERAL

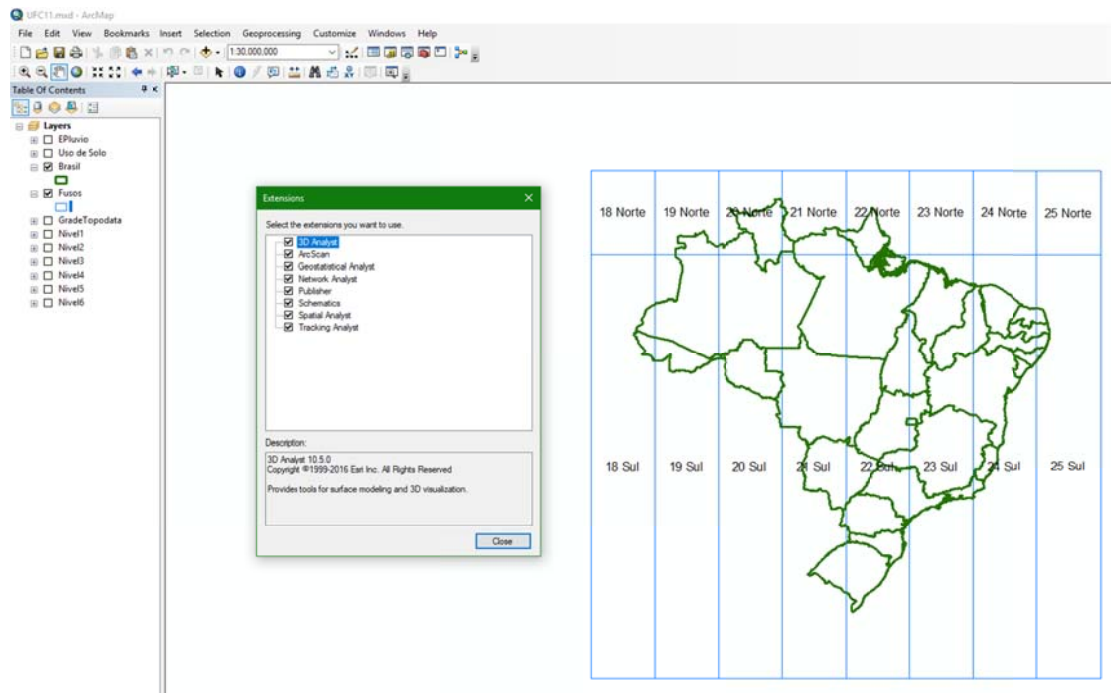
1º - Na pasta UFC11, contida no seguinte caminho “C:/UFC/UFC11”, clica-se no arquivo UFC11.mxd;



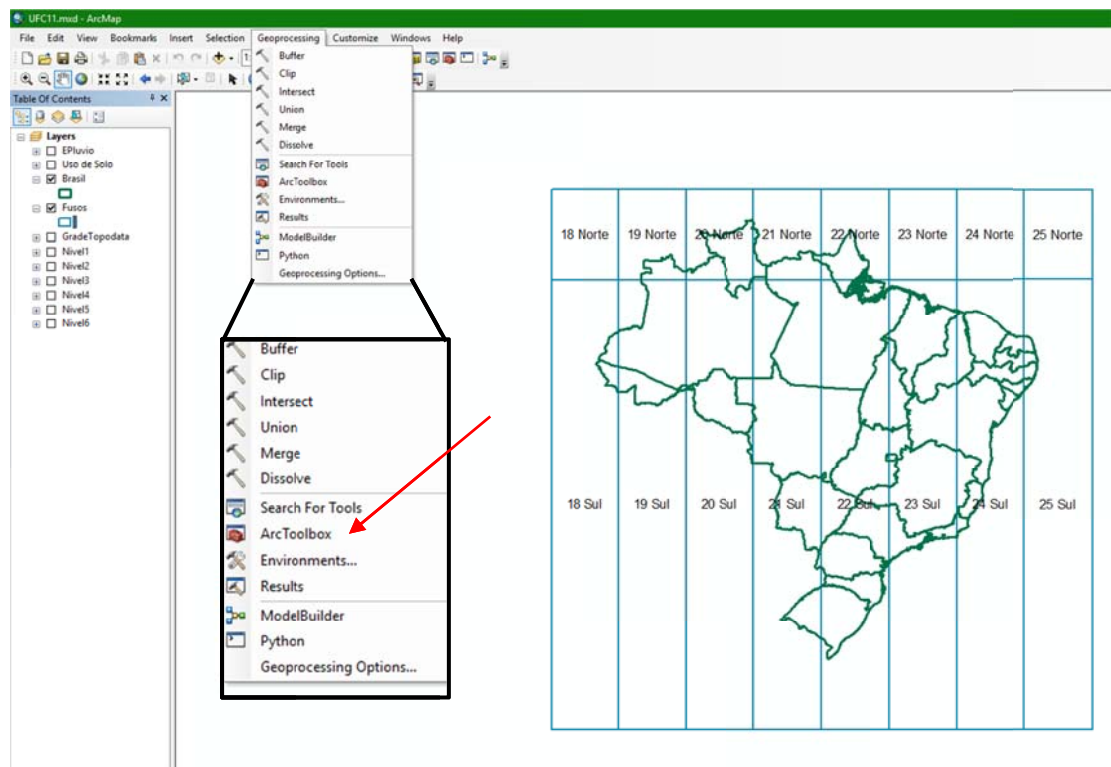
2º - Na janela do ArcMap, clica-se em customize, posteriormente em extensions...



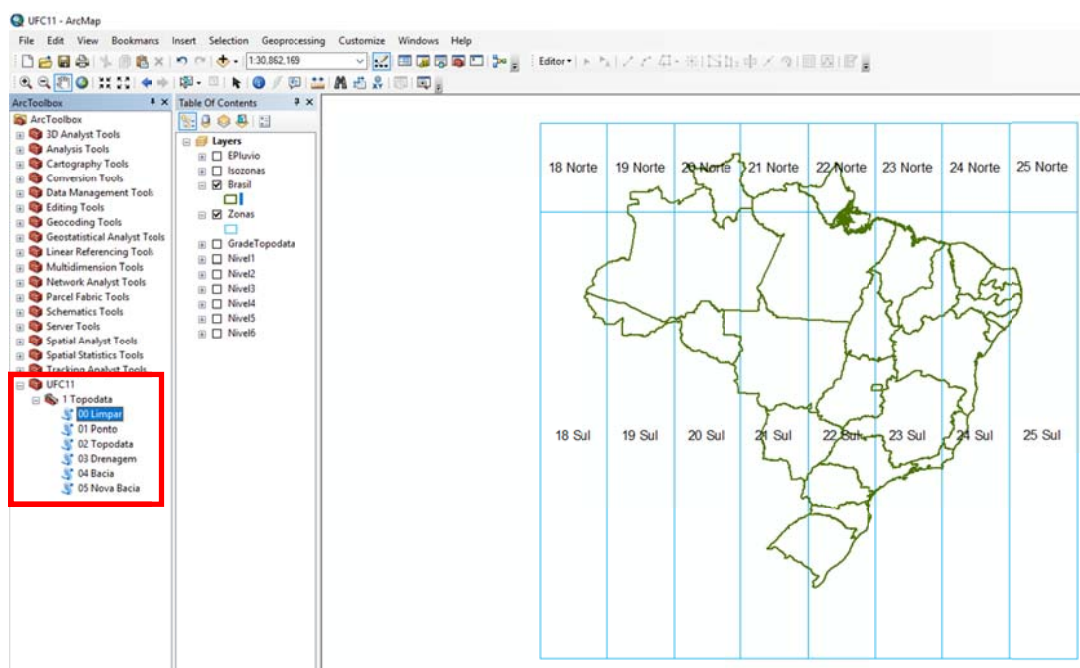
3º - Ao abrir uma janela, habilita-se todas as opções



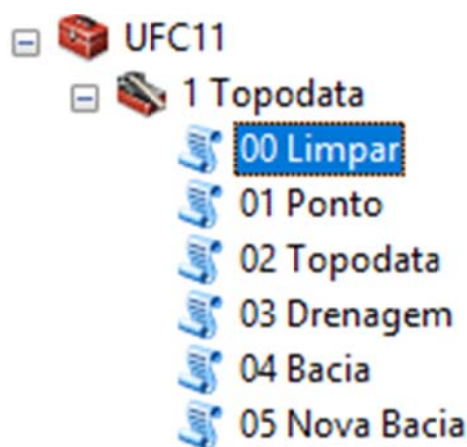
4º - Na aba superior do ArcMap, clica-se em geoprocessing, em seguida clica-se em ArcToolbox



5º - Surgirá na tela, uma janela de ferramentas, onde se realiza o processo do UFC11



Fazendo um zoom no quadro vermelho temos o seguinte grupo de ferramentas no UFC11

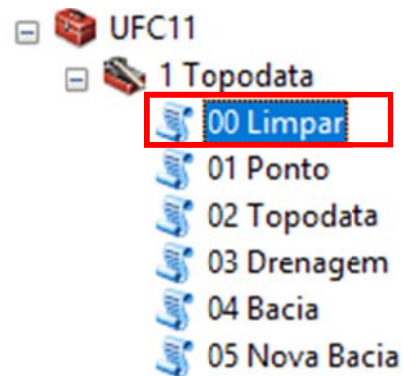


### 3.0 Plug-in UFC 11

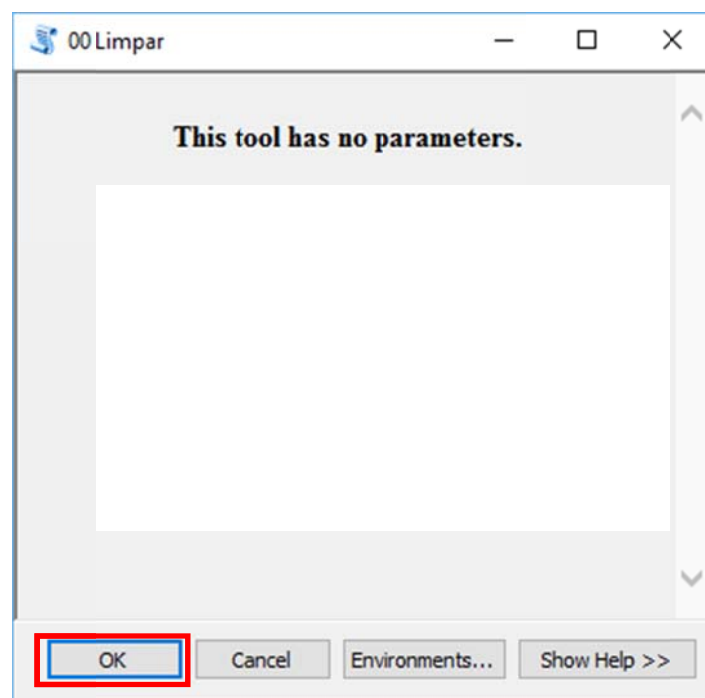
A seguir apresenta-se os comandos do plug-in UFC11 no ArcGIS 10.2.2, mostra-se as janelas do aplicativo e os resultados dos comandos.

O primeiro comando **00 Limpar**, não tem parâmetros para ser ingressados pelo usuário, o resultado do uso do comando é a limpeza dos arquivos de trabalhos anteriores, não tendo uma janela de resultados específicos na tela do ArcGIS. **Os arquivos apagados não são salvos e não podem se recuperar da Lixeira do Sistema Windows.**

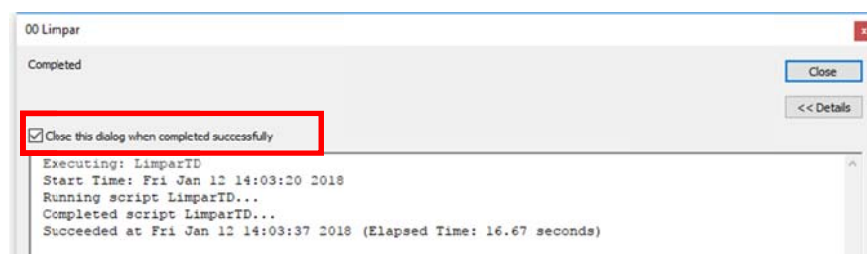
Para usar o comando tem que fazer duplo click no comando 00 Limpar do grupo de ferramentas UFC11 Topodata.



Logo sera visivel a seguinte janela. Fazer Click em OK.



Ao fim do processo certo mostrase a seguinte janela

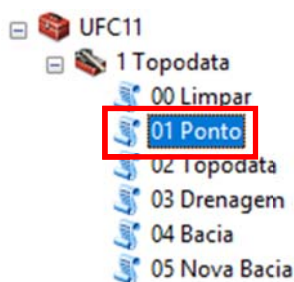


Na qual tem que ativar o campo em vermelho e assim não voltara a janela quando o comando de certo. Logo fazer click em Close.

A seguir o comando **01 Ponto**, tem parâmetros para ser ingressados pelo usuário, o qual tem que digitar as coordenadas leste e norte do ponto de estudo, adicionalmente tem que escolher a zona geográfica do mesmo. **Sendo obrigatorio o ingresso dos dados das coordenadas as quais tem que ter a projeção WGS 84.**

Para ingresar as coordenadas não e necessário o uso de casas decimais, pela razão que o ponto não representa o eixo do rio, o qual será determinado depois do análise da topografia. Se o usuário não escolhe a zona geográfica, pelo default é considerada a zona 24S correspondente ao Estado do Ceará. O resultado do comando é a criação de um arquivo shapefile contendo o ponto de análise com as coordenadas inseridas pelo usuário. O ponto tem o sistema WGS 84 em coordenadas geograficas.

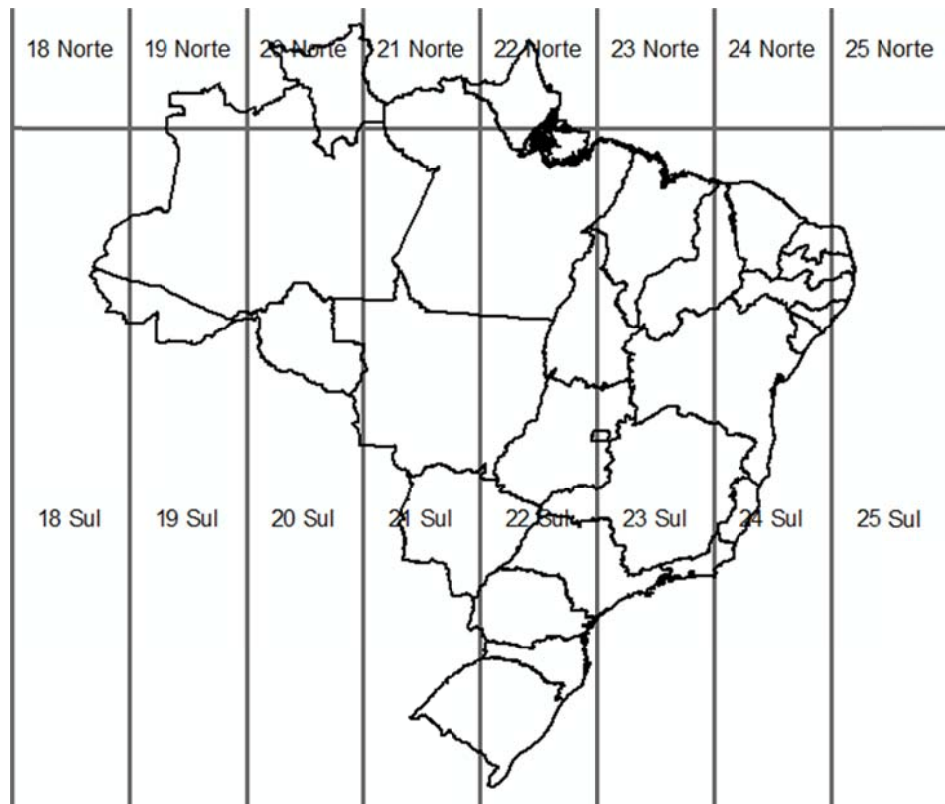
No comando 01 Ponto fazer duplo click



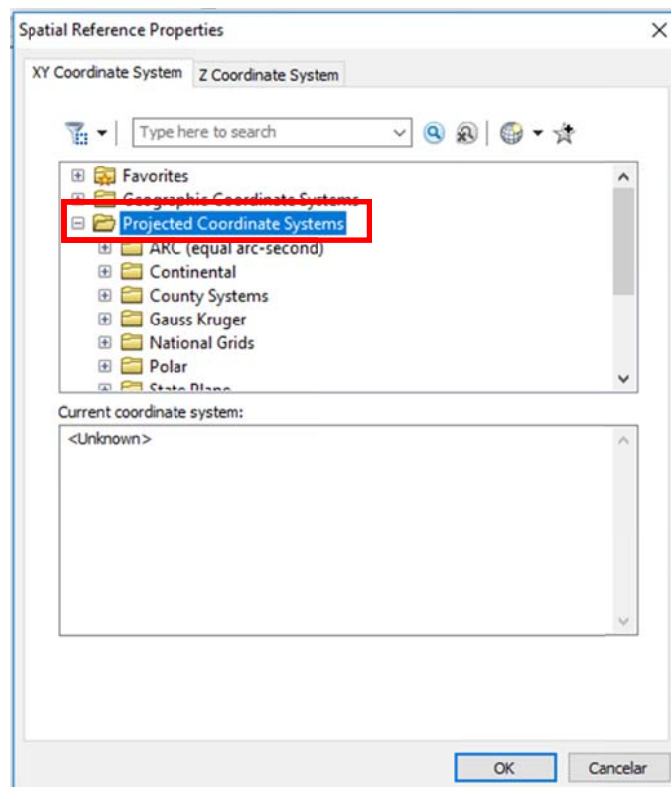
Logo sera visivel a seguinte janela. Prencher os dados das coordenadas leste e norte. Depois fazer click no quadro em vermelho.

 A screenshot of a dialog box titled '01 Ponto'. The dialog has a title bar with standard window controls. Inside, there are three input fields: 'Zona' with the value 'WGS\_1984\_UTM\_Zone\_24S', 'Leste' with the value '552123', and 'Norte' with the value '9553599'. Below these fields is a large empty white area. At the bottom, there are four buttons: 'OK', 'Cancel', 'Environments...', and 'Show Help >>'. A red rectangular box highlights a small icon in the top right corner of the dialog's content area.

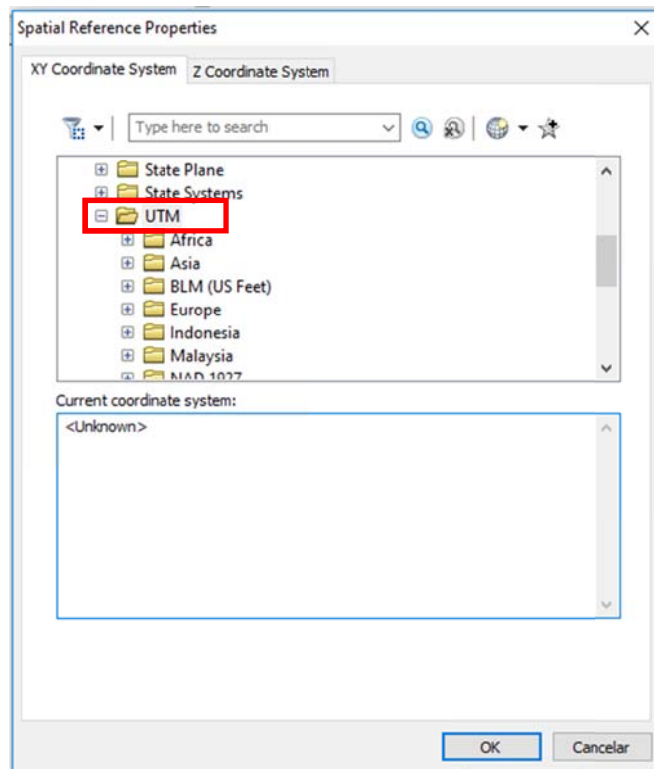
Logo sera visível a seguinte janela. O usuário tem que procurar a projeção correta do seu ponto de análise. No Brasil geralmente é usado o sistema WGS 84 segundo as seguintes zonas geográficas. O usuário tem que fazer click na cruz.



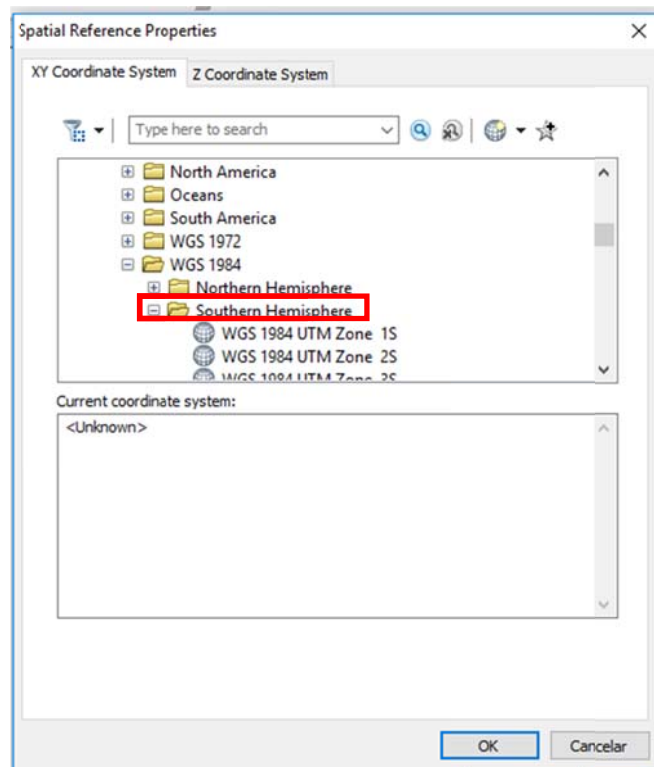
Escolher Projected Coordinate Systems



Procurar e expandir UTM.

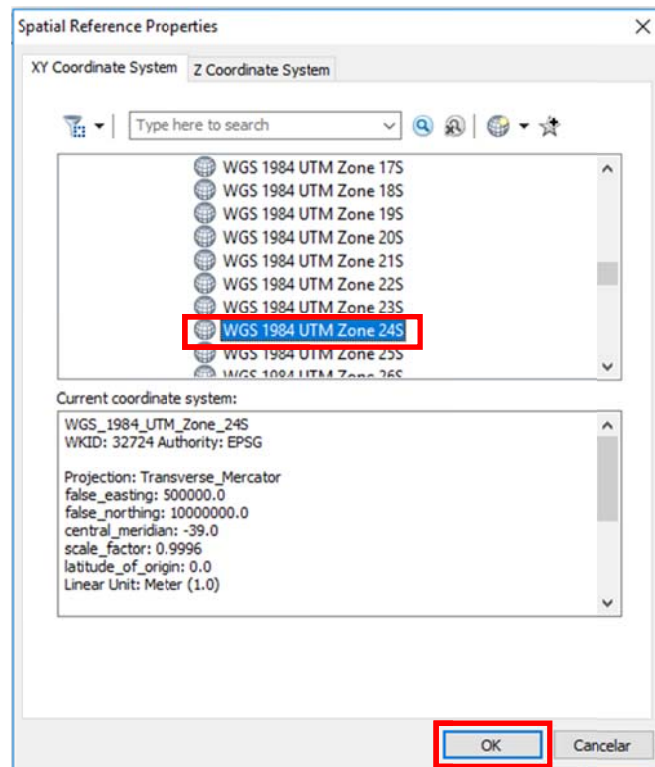


Procurar o correspondente hemisferio.

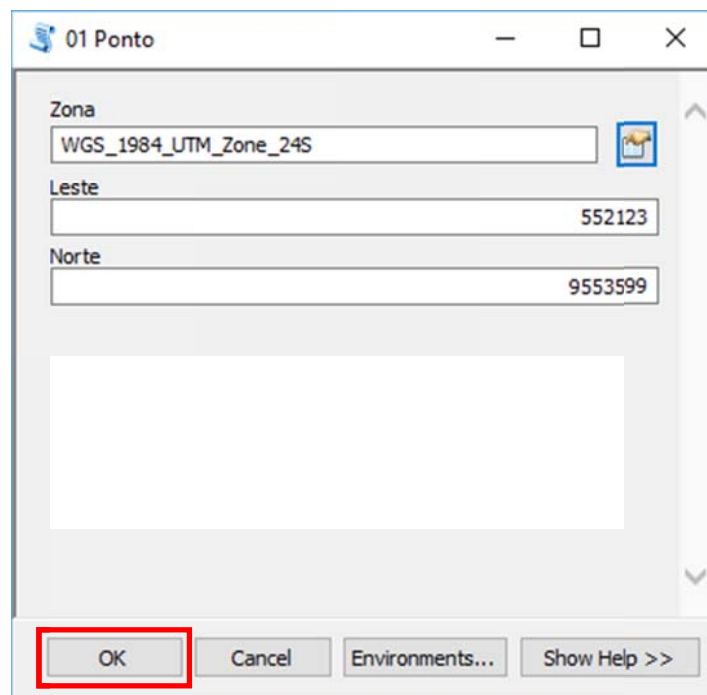




Procurar a correspondente zona geografica. Selecionar e depois fazer click em OK.



Voltara a janela anterior. Fazer click em OK.

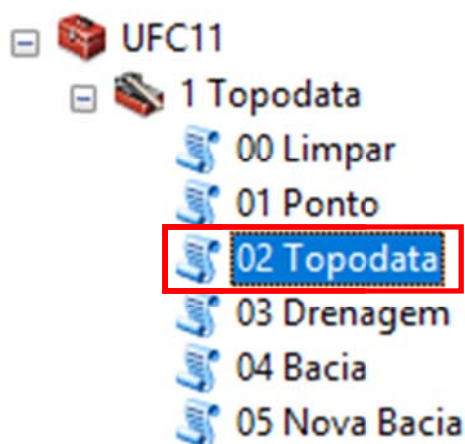


A figura seguinte mostra o comando **02 Topodata**, o qual tem parâmetros para ser ingressados pelo usuário, o qual tem que fazer a escolha do nível de Ottobacias e a

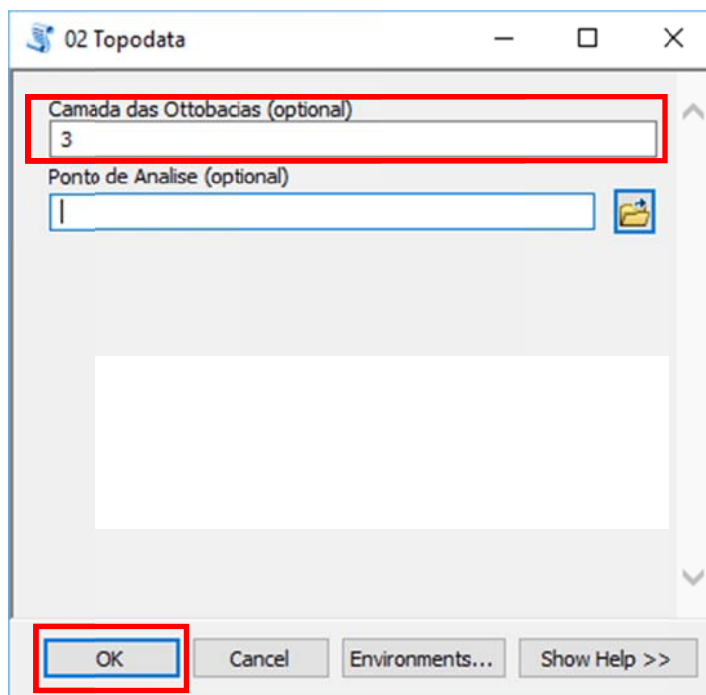
escolha do arquivo shapefile que contém o ponto de análise, sendo ambos opcionais, já que o ponto de análise e pelo default o ponto gerado no anterior comando 01 Ponto. Se o usuário não indica o valor do nível Ottobacia, pelo default é o nível 4.

O resultado do comando é a descarga das cartas topográficas necessárias do servidor do INPE, a união, projeção do arquivo com a Projeção WGS 84 é o corte segundo o polígono da Ottobacia correspondente escolhido pelo usuário, o qual é salvo na pasta Raster.

Fazer duplo click no comando 02 Topodata



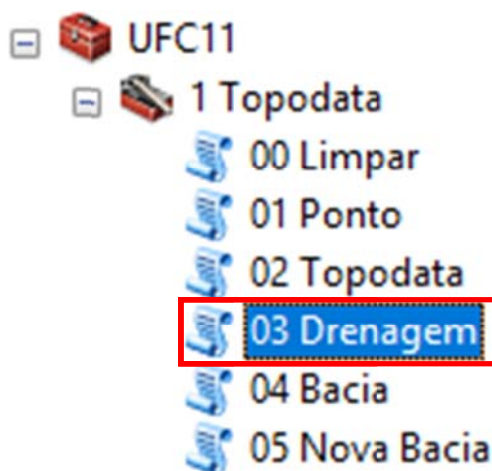
Preencher com o nível da Ottobacia (so o numero). Logo fazer click em OK.



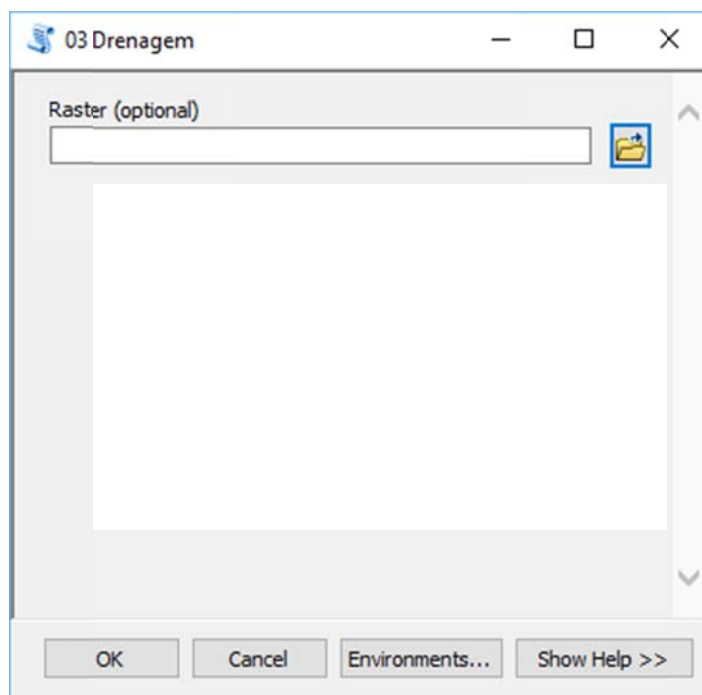
A seguir a figura mostra o comando **03 Drenagem**, o qual tem um parâmetro a ser ingressado, o qual é opcional, já que o DEM pelo default é o resultado do comando anterior.

**Se o usuário tem outro DEM pode usar o comando somente se a projeção do arquivo e WGS 84.**

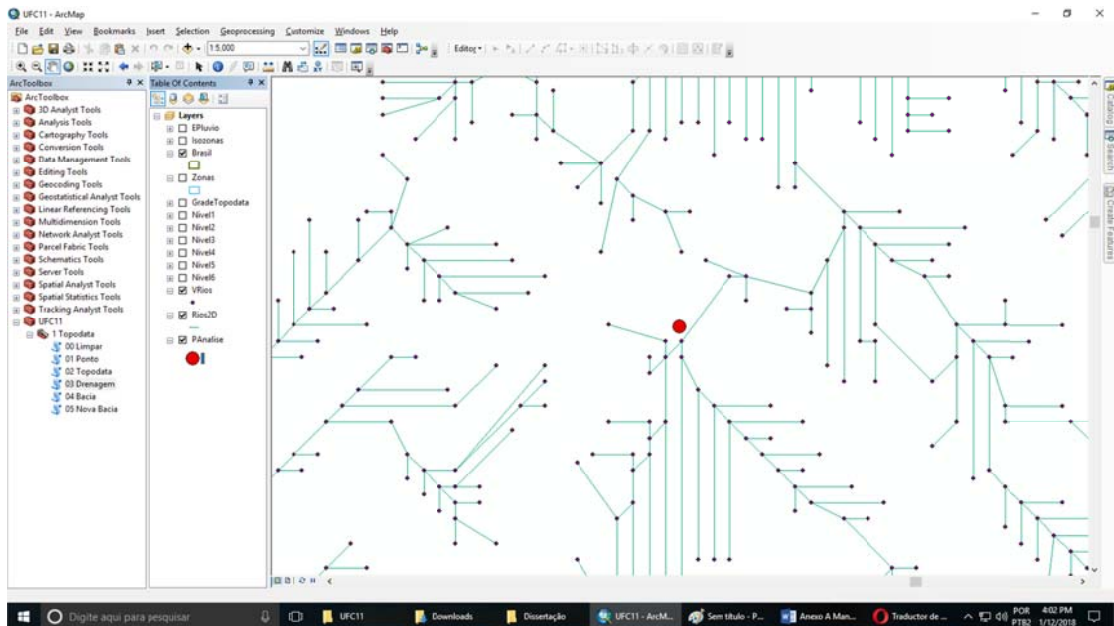
Fazer duplo click no comando 03 Drenagem



Na janela seguinte fazer click em OK.

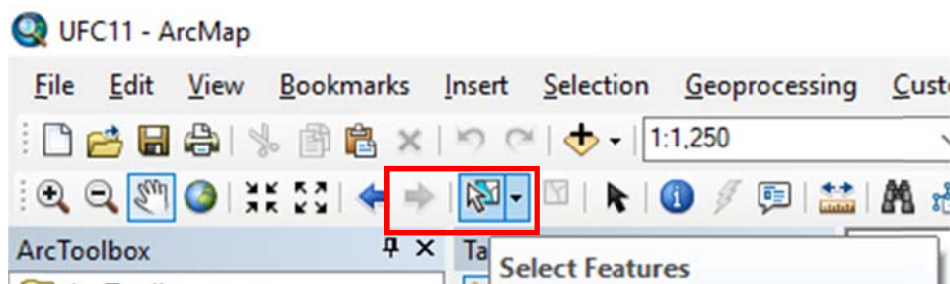


A seguir a figura mostra o resultado do comando **03 Drenagem**, o qual mostra o ponto de análise em vermelho, a rede de drenagem e os pontos dos vertices na janela do ArcGIS. O usuário tem que escolher e salvar o ponto da rede de drenagem que representa o ponto de estudo, e assim continuar com o seguinte comando.

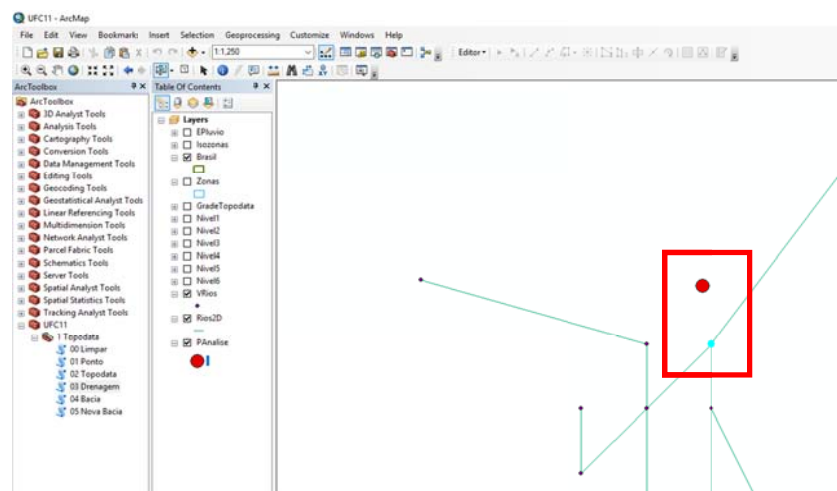


O usuário tem que escolher e salvar o ponto que representa o eixo do rio, segundo a figura seguinte.

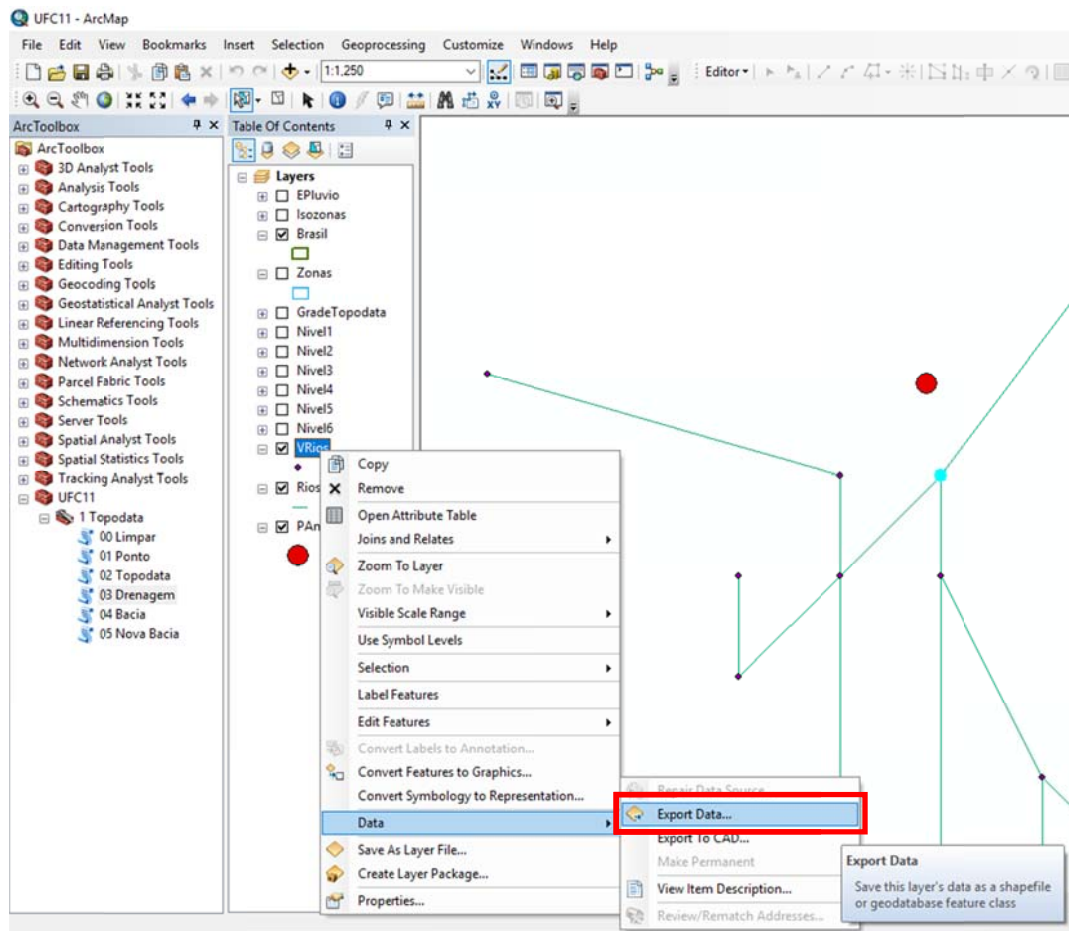
Ativar a ferramenta de seleção de elementos



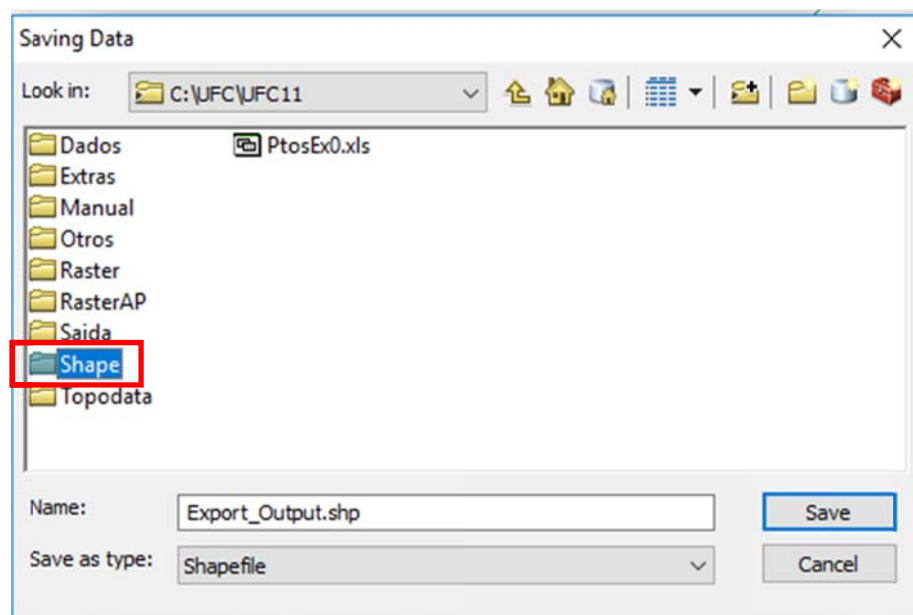
A seguir selecionar o ponto que melhor representa o eixo do rio (azul).



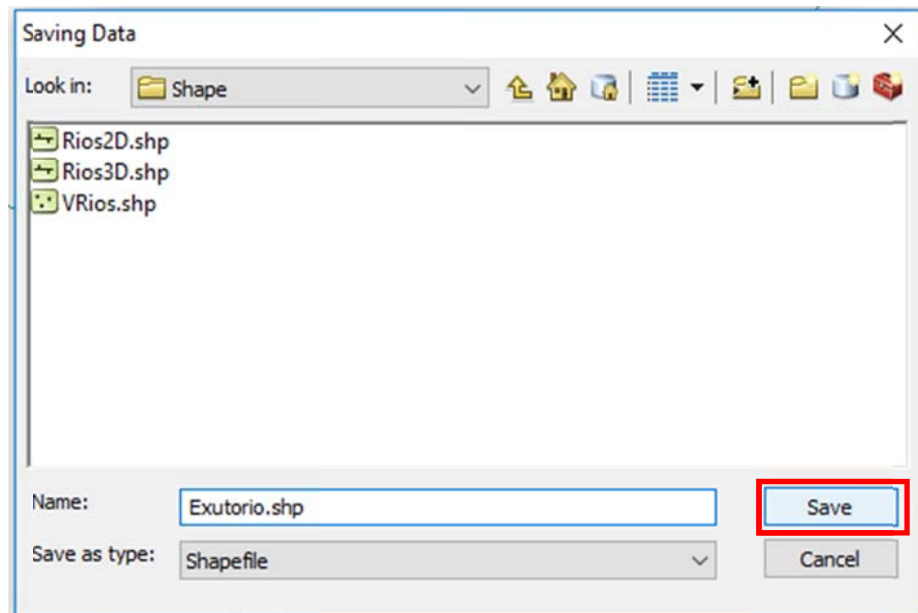
A seguir selecionar o ponto que melhor representa o eixo do rio (azul). Fazer click direito na camada **VRios**, depois click em **Data** e finalmente duplo click em **Export Data**, segundo a janela seguinte.



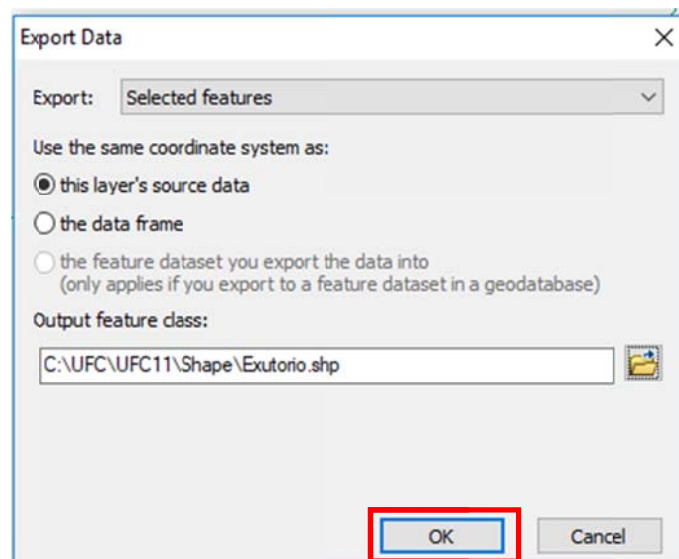
Na janela seguinte procurar a pasta Shape que fica em C:\UFC\UFC11. Logo abrir a pasta.



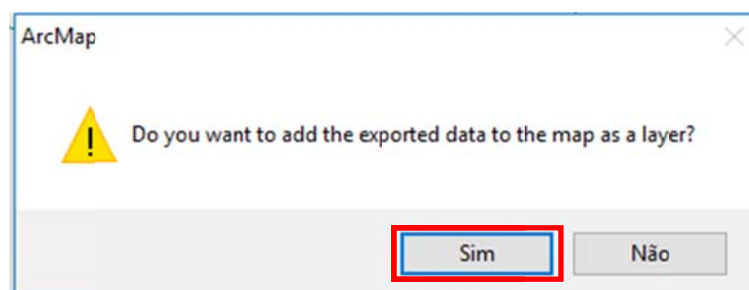
Na pasta Shape, salvar o arquivo com o nome Exutorio.shp. Usando esse nome, no seguinte comando, não tem que fazer a procura do ponto.



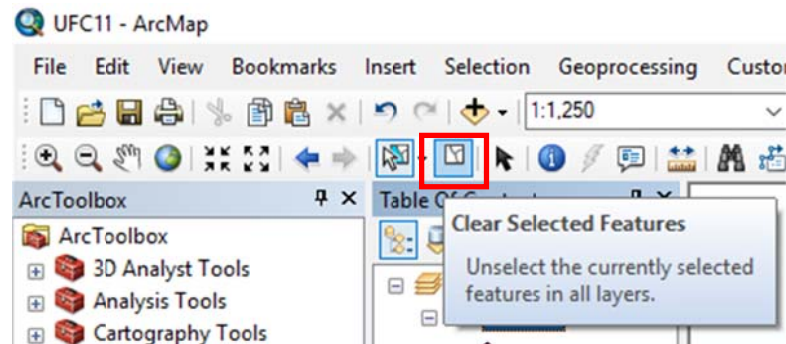
Na janela seguinte fazer click em OK.



Na janela seguinte fazer click em SIM.

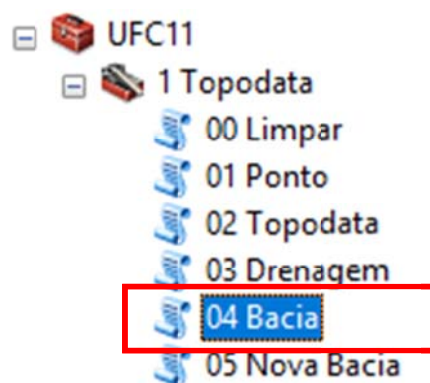


Depois tem que desativar o ponto selecionado. Segundo a janela seguinte.

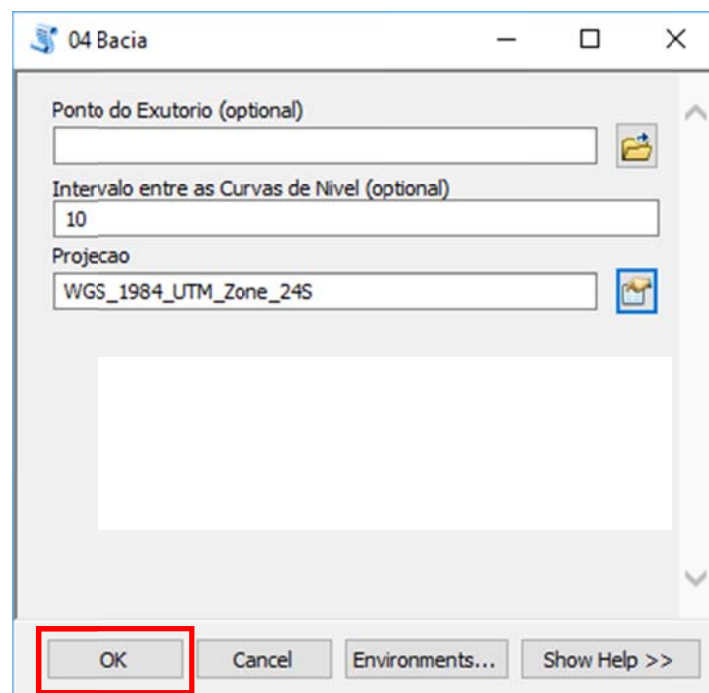


A seguir mostra-se o comando **04 Bacia**, com seus parâmetros opcionais. Sendo o exutório, o ponto salvo no anterior comando.

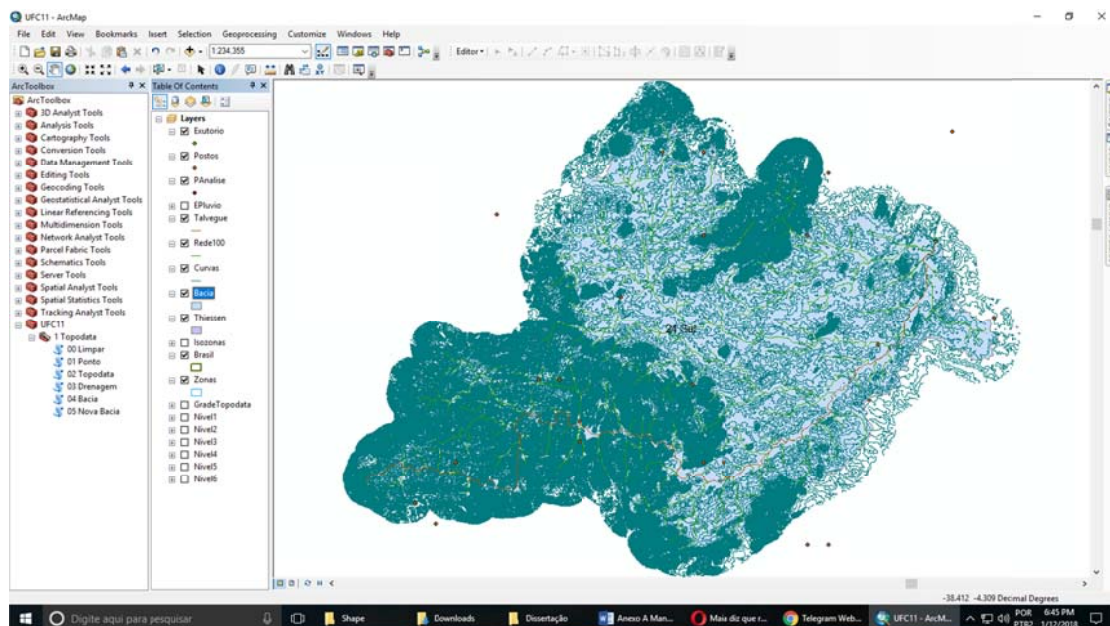
Fazer duplo click no comando 04 Bacia



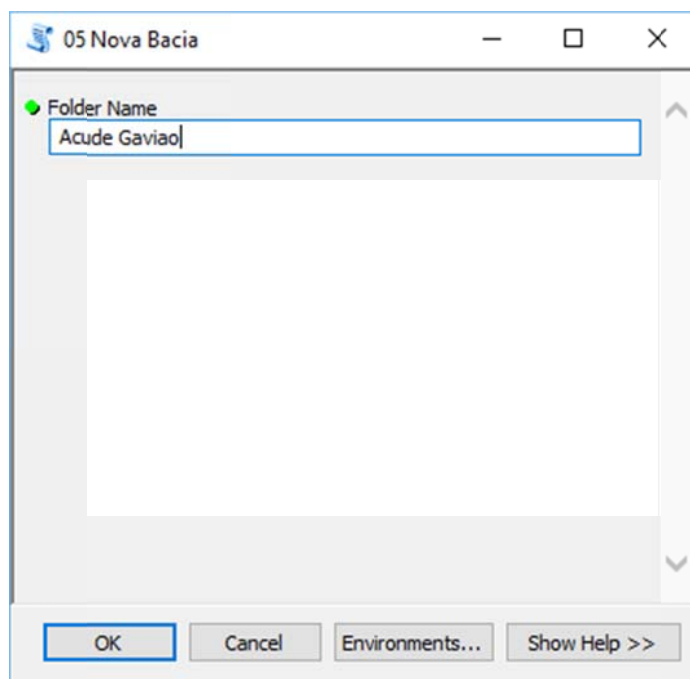
Na janela seguinte preencher o dado do intervalo das curvas de nível em metros, logo escolher a projeção segundo o explicado no comando 01 Ponto e finalmente fazer click em OK.



A seguir a figura mostra o resultado do comando **04 Bacia**, o qual resulta em diversos arquivos em formatos shapefile (.shp), formato cad (.dwg) e uma tabela excel com os dados resumo dos postos pluviométricos.



A seguir a figura mostra a janela do comando **05 Nova Bacia**, o qual recebe do usuário o nome da pasta a ser criada, para salvar os arquivos resultados do geoprocesso, e depois limpa e apaga todos os arquivos do trabalho realizado para fazer um novo trabalho. A pasta com os arquivos salvados fica na pasta Saida do aplicativo.





## **ANEXO B**

# **MANUAL BASICO PYTHON**

**FORTALEZA – CEARÁ**  
**2018**

## 1 Linguagem Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível. É uma linguagem de programação de propósito geral, frequentemente aplicada em funções de script (LUTZ & ARCHER, 2007). Um script pode ser considerado um programa para controlar e dirigir outros componentes de um aplicativo maior, suportar personalização do produto pelo usuário, sem ter que distribuir o código fonte do programa inteiro (LUTZ & ARCHER, 2007).

Python é instalado automaticamente junto com o ArcGIS. Utilizado no Análise em SIG, Python pode ser usado para controlar as ferramentas de ArcGIS e organizar a gestão rápida usando o módulo ArcPy (TOMS, 2015). ArcPy é instalado junto com ArcGIS, sendo o linguagem oficial para o desenvolvimento de scripts em ArcGIS desde a versão 10.0 sendo melhorado constantemente em funcionalidade e implementação (TOMS, 2015). Python é considerada uma linguagem interpretada, pois os programas em Python são executados por um interpretador. O código em Python é projetado para ser legível (LUTZ & ARCHER, 2007). As instruções básicas que contém são:

- Entrar.- Pegar dados do teclado, de um arquivo ou de algum outro dispositivo.
- Sair.- Mostrar dados na tela ou enviar dados para um arquivo ou outro dispositivo.
- Calcular.- Executar operações matemáticas básicas, como adição e multiplicação.
- Executar.- Verificar certas condições e executar a sequência apropriada de instruções.

Em sua forma mais simples, um programa em Python é apenas um arquivo de texto contendo instruções nessa linguagem. Pode-se criar um arquivo de instruções com qualquer editor de textos. Os arquivos de programa Python recebem nomes que terminam com a extensão “.py” (LUTZ & ARCHER, 2007).

### 1.1 Objetos e Operadores em Python

Os objetos possuem dados próprios e ações associadas, os objetos formam a base de todo programa em Python. Python suporta também funcionalidades comuns na orientação a objetos: herança, polimorfismo, reflexão e introspecção (LUTZ & ARCHER, 2007).

Tabela 1 – Objetos incorporados em Python.

<b>Tipo de Objeto</b>	<b>Exemplo</b>
Números	3.1415, 123456, 2 + 3i
Strings	“Carlos”, “Brasil”
Listas	[1,2,3,4,5],[“um”,“dois”, “tres”]
Dicionários	{“comida”: “correo”, “fruta”: “escritorio”}
Tuplas	(1, “correo”, 24, “ UFC”)
Arquivos	text = open(‘ufc’, ‘r’).read()

Fonte: Adaptado de Lutz & Archer (2007).

No Python, as expressões são escritas usando a notação matemática normal e símbolos de operadores (LUTZ & ARCHER, 2007). A tabela seguinte lista as expressões de operadores mais comuns disponíveis no Python.

Tabela 2 – Operadores de expressão do Python.

Operadores	Descrição
x or y	Função logica OU
x and y	Função logica E
not x	Negação logica
x < y, x <= y, x > y, x >= y, x == y, x <> y	Operadores de comparação
x * y, x % y, x / y, x // y	Multiplicação/repetição, resto/formato, divisão.

Fonte: Adaptado de Lutz & Archer (2007).

## 1.2 Variáveis em Python

As Variáveis no Python são usadas para atribuir objetos a nomes. A variável em Python armazena referências para objetos em nomes (LUTZ & ARCHER, 2007). O Python cria nomes de variável na primeira vez que é atribuído um valor para eles, não há necessidade de declarar nomes previamente (LUTZ & ARCHER, 2007).

No momento em que uma variável é criada através de atribuição, o interpretador define um tipo para a variável, com as operações que podem ser aplicadas (BORGES, 2010). A tabela seguinte ilustra as diferentes variáveis do Python.

Tabela 3 – Formas de Variáveis no Python.

Operação	Interpretação
dia = "segunda"	Forma basica
mes, ano = "janeiro", "2017"	Definição de Tupla (posicional)
[mes, ano] = ["janeiro", "2017"]	Definição de lista (posicional)
local = estado = "para"	Destino multiplo

Fonte: Adaptado de Lutz & Archer (2007).

No Python existem algumas regras a seguir ao escolher nomes para variáveis em seu programa. O Python sempre presta atenção a maiúsculos nos programas, tanto nas variáveis criadas como em palavras reservadas. Os nomes das variáveis não podem ser igual as palavras reservadas (LUTZ & ARCHER, 2007).

## 1.3 Estruturas de Control e Estruturas de Repetição em Python

Um programa em Python é constituído de linhas, que podem continuar nas linhas seguintes, pelo uso do caractere de barra invertida (\) ao final da linha ou parênteses, colchetes ou chaves (BORGES, 2010). O caractere # marca o início de comentário. Qualquer texto depois do # será ignorado até o fim da linha. Os caracteres que não fazem parte da língua

inglesa, geram erro no código fonte do programa (BORGES, 2010). Normalmente as linhas em branco, espaços e comentários são ignorados (LUTZ & ARCHER, 2007).

### 1.3.1 Controle de bloco por indentação

Na maior parte das linguagens, há instruções ou símbolos específicos que delimitam blocos de código ou os blocos que compõem o conteúdo de um laço ou expressão condicional (BORGES, 2010).

Em Python, os blocos de código são delimitados pelo uso de indentação, que deve ser constante no bloco de código, porém é considerada uma boa prática manter a consistência no projeto todo e evitar a mistura tabulações e espaços (BORGES, 2010). A linha anterior ao bloco sempre termina com dois pontos (:) e representa uma estrutura de controle da linguagem ou uma declaração de uma nova estrutura (uma função, por exemplo).

Em Python, blocos de código são demarcados apenas por espaços formando uma indentação visual (LUTZ & ARCHER, 2007). O Python detecta os limites automaticamente pela indentação da linha. Todas as instruções indentadas com a mesma distância a direita pertencem ao mesmo bloco de código (LUTZ & ARCHER, 2007). No exemplo seguinte pode-se notar a indentação:

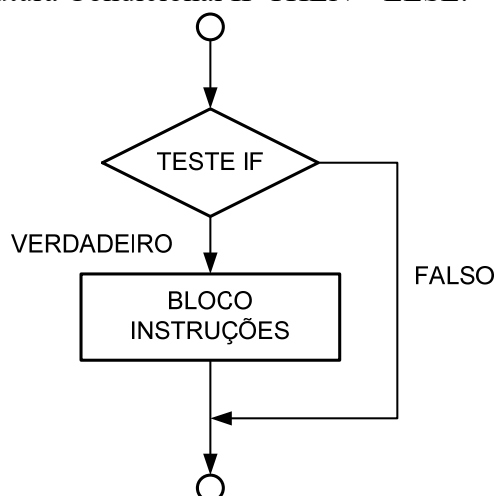
```
print "Inserir o valor de a "  
if a == 0:  
    print "O valor e zero"  
else:  
    print a
```

### 1.3.2 Estruturas de Control

É muito comum num programa que certos conjuntos de instruções sejam executados de forma condicional, em casos como validar entradas de dados (BORGES, 2010). A instrução IF do Python seleciona ações para executar. É a principal ferramenta de linguagem e representa grande parte da lógica de um programa em Python (LUTZ & ARCHER, 2007). IF pode conter outras instruções, incluindo outras instruções IF.

O Python permite combinar instruções num programa tanto sequencialmente como anidadas (LUTZ & ARCHER, 2007). A instrução IF do Python assume a forma de um teste IF, seguido de um bloco de instruções THEN, e termina com um bloco ELSE opcional (LUTZ & ARCHER, 2007). No fluxograma mostrasse a estrutura mais simples da instrução IF THEN – ELSE.

Figura 14 – Estrutura Condicional IF THEN – ELSE.



Fonte: Adaptado de Lutz & Archer (2007).

A sintaxe é a seguinte (BORGES, 2010):

```

if <condição>:
    <bloco de código>
else:
    <bloco de código>
  
```

Na qual:

<condição>: sentença que possa ser avaliada como verdadeira ou falsa.

<bloco de código>: sequência de linhas de comando.

### 1.3.3 Estruturas de Repetição

Os laços (loops) são estruturas de repetição, geralmente usados para processar coleções de dados, tais como linhas de um arquivo ou registros de um banco de dados, que precisam ser processados por um mesmo bloco de código (BORGES, 2010). São duas as estruturas de repetição comuns no Python, o laço WHILE e o laço FOR. No geoprocessamento é muito usual, para aplicar o mesmo código a todos os componentes de um arquivo vetorial. Isso se aplica a todos os componentes de um arquivo shapefile, já sejam pontos, linhas ou polígonos.

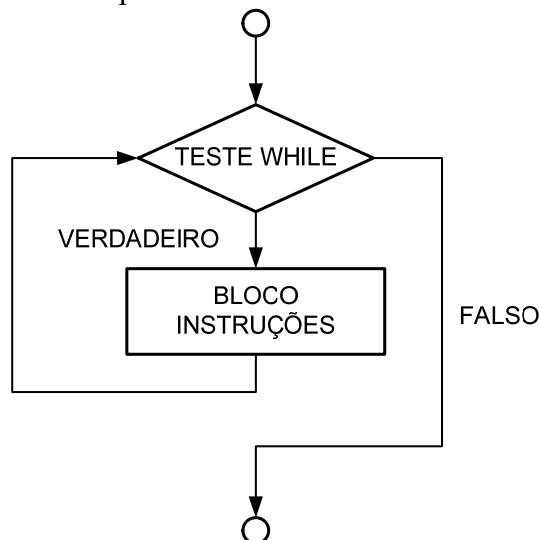
#### 1.3.3.1 Estrutura de Repetição WHILE

Executa um bloco de código atendendo a uma condição (BORGES, 2010). O laço WHILE no linguagem Python executa repetidamente um bloco de código, desde que uma condição específica seja verdadeira (LUTZ & ARCHER, 2007). A instrução pode ser uma única instrução ou um bloco de instruções. A condição pode ser qualquer expressão, e verdadeira ou qualquer valor diferente de zero (LUTZ & ARCHER, 2007).

O laço itera enquanto a condição é verdadeira (BORGES, 2010). O bloco de instruções nunca é executado se o teste é falso desde o início (LUTZ & ARCHER, 2007). Quando a condição torna-se falsa, o controle do programa passa para a linha imediatamente após o laço (LUTZ & ARCHER, 2007). Em Python, todas as instruções recuadas pelo mesmo número de espaços de caracteres após uma construção de programação são consideradas como parte de um único bloco de código (BORGES, 2010).

O bloco de código dentro do laço WHILE é repetido em quanto a condição do laço estiver sendo avaliada como verdadeira (BORGES, 2010). O laço while é adequado quando não há como determinar quantas iterações vão ocorrer e não há uma sequência a seguir (BORGES, 2010).

Figura 15 – Estrutura Repetitiva WHILE.



Fonte: Adaptado de Lutz & Archer (2007).

A sintaxe é a seguinte (BORGES, 2010):

```

while <condição>:
    <bloco de código>
continue
break
  
```

### 1.3.3.2 Estrutura de Repetição FOR

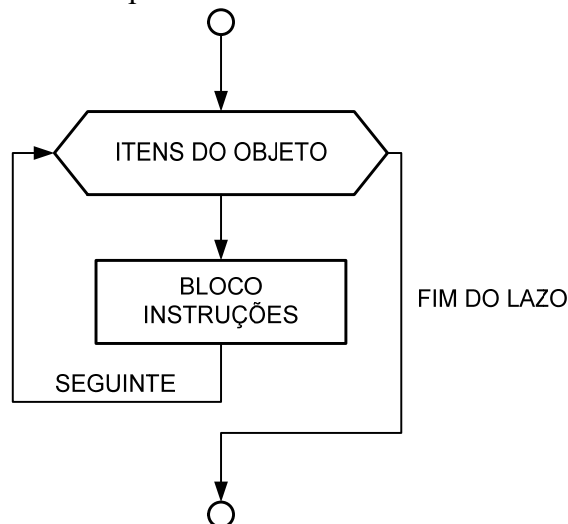
É o iterador de sequências genérico no Python (LUTZ & ARCHER, 2007), pode percorrer os itens de qualquer objeto em sequência ordenada. O laço FOR funciona em strings, listas e tuplas (LUTZ & ARCHER, 2007).

Iteradores são estruturas que permitem iterações, ou seja, acesso aos itens de uma coleção de elementos, de forma sequencial (BORGES, 2010).

Durante a execução de um laço FOR, a referência aponta para um elemento da sequência. A cada iteração, a referência é atualizada, para que o bloco de código do FOR processe o elemento correspondente (BORGES, 2010). A cláusula break interrompe o laço e continue passa para a próxima iteração. O código dentro do else é executado ao final do laço, a não ser que o laço tenha sido interrompido por break (BORGES, 2010). A sintaxe é a seguinte (BORGES, 2010):

```
for <referência> in <sequência>:
    <bloco de código>
continue
break
```

Figura 16 – Estrutura Repetitiva FOR.



Fonte: Adaptado de Lutz & Archer (2007).

#### 1.4 Funções em Python

Uma função é um dispositivo que agrupa um conjunto de instruções, de modo que elas possam ser executadas mais de uma vez num programa (LUTZ & ARCHER, 2007). Funções são blocos de código identificados por um nome, que podem receber parâmetros pré-determinados (BORGES, 2010). As funções executam parte da lógica global de um programa ou englobam código, para fácil reutilização (LUTZ & ARCHER, 2007). As funções nos permitem agrupar e generalizar código para ser usado arbitrariamente muitas vezes posteriormente (LUTZ & ARCHER, 2007). As funções também fornecem uma ferramenta para dividir os sistemas em partes, com tarefas bem definidas (LUTZ & ARCHER, 2007). No Python, as funções (ver na figura seguinte):

- Podem retornar ou não objetos (BORGES, 2010).

- Aceitam parâmetros opcionais (com defaults). Se não for passado o parâmetro será igual ao default definido na função (LUTZ & ARCHER, 2007)..

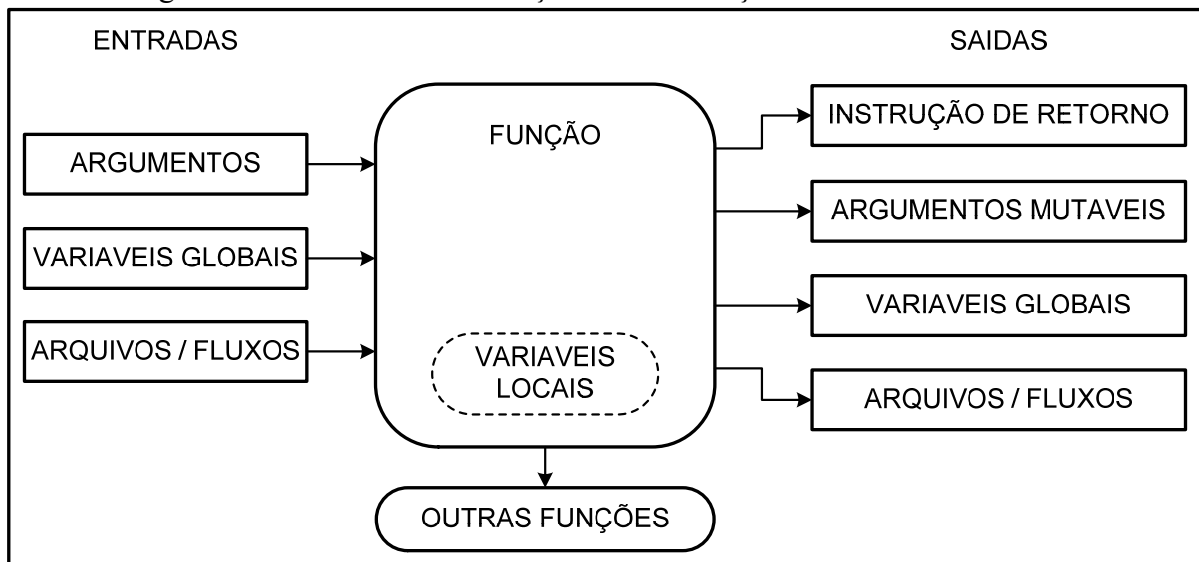
- Aceitam que os parâmetros sejam passados com nome. Neste caso, a ordem em que os parâmetros foram passados não importa (LUTZ & ARCHER, 2007).

Sintaxe das funções:

```
def <nome>(parâmetro1, parâmetro2,.....parâmetroN):
    <bloco de código>
return <valor>
```

Na figura seguinte resume as maneiras como as funções podem comunicar-se externamente (LUTZ & ARCHER, 2007).

Figura 17 – Ambiente de execução de uma Função.



Fonte: Lutz & Archer (2007).

### 1.5 Módulos em Python

Os módulos são pacotes de nomes que normalmente correspondem aos arquivos fonte e servem como bibliotecas de ferramentas para uso em outros arquivos ou programas (LUTZ & ARCHER, 2007). Para o Python, módulos são arquivos fonte que podem importados para um programa (BORGES, 2010). O módulo é a unidade de organização de programa de nível mais alto, a qual empacota código de programa e dados para reutilização (LUTZ & ARCHER, 2007). Podem conter qualquer estrutura do Python e são executados quando importados (BORGES, 2010). Os módulos são localizados pelo interpretador através da lista de pastas PYTHONPATH (sys.path), que normalmente inclui a pasta corrente em primeiro lugar (BORGES, 2010). Os módulos são carregados através da instrução import (BORGES, 2010).



Desta forma, ao usar alguma estrutura do módulo, é necessário identificar o módulo. Isto é chamado de importação absoluta (BORGES, 2010).

A sintaxe dos módulos e a seguinte (BORGES, 2010):

```
import os
print os.name
```

Também possível importar módulos de forma relativa (BORGES, 2010):

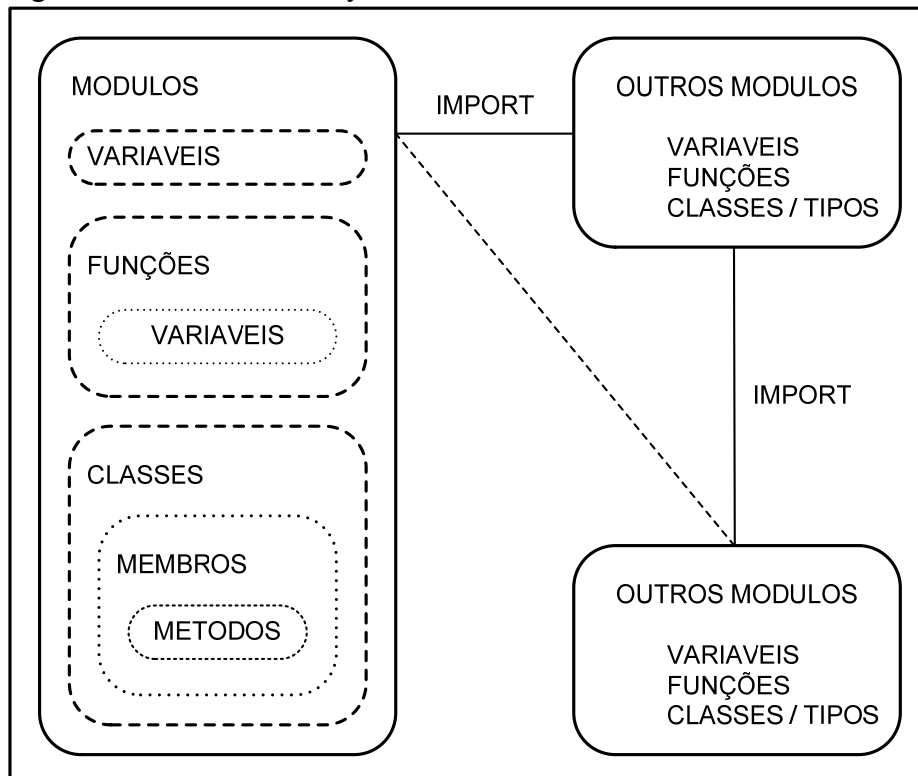
```
from os import name
print name
```

O caractere “\*” pode ser usado para importar tudo que está definido no módulo (BORGES, 2010):

```
from os import *
print name
```

Para evitar problemas, como a ofuscação de variáveis, a importação absoluta é considerada uma prática de programação melhor do que a importação relativa (BORGES, 2010). Na figura seguinte, mostra-se o ambiente em que os módulos operam. Os módulos contém variáveis, funções, classes e até outros módulos (LUTZ & ARCHER, 2007). As funções tem suas próprias variáveis locais (LUTZ & ARCHER, 2007).

Figura 18 – Módulos em Python



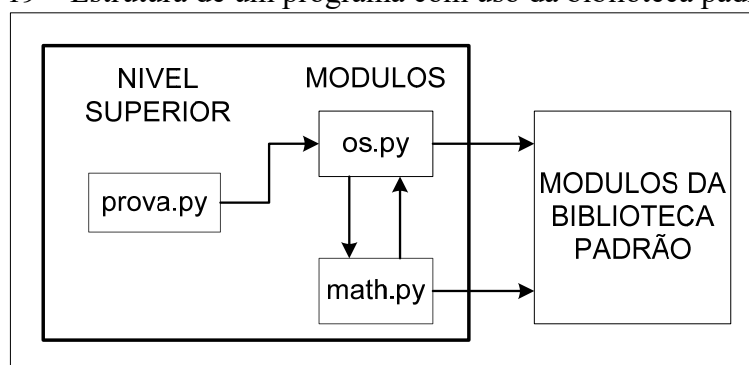
Fonte: Lutz & Archer (2007).

Dividir programas em módulos facilita o reaproveitamento e localização de falhas no código (BORGES, 2010).

### 1.6 Biblioteca padrão

O Python já vem com uma grande coleção de módulos utilitários, conhecidos como biblioteca padrão (LUTZ & ARCHER, 2007). Essa coleção de aproximadamente 200 módulos, contém suporte independente de plataforma para tarefas de programação comuns: interfaces de sistema operacional, persistência de objeto, correspondência de padrão de texto, scripts de rede e internet e muito mais (LUTZ & ARCHER, 2007).

Figura 19 – Estrutura de um programa com uso da biblioteca padrão.



Fonte: Lutz & Archer (2007).

Alguns módulos importantes da biblioteca padrão (BORGES, 2010):

- Matemática: math, cmath, decimal e random.
- Sistema: os, glob, shutil e subprocess.
- Threads: threading.
- Persistência: pickle e cPickle.
- XML: xml.dom, xml.sax e elementTree.
- Configuração: ConfigParser e optparse.
- Tempo: time e datetime.

### 1.7 Bibliotecas de terceiros

Existem muitas bibliotecas escritas por terceiros disponíveis para Python, compostas por pacotes ou módulos, que implementam diversos recursos além da biblioteca padrão (BORGES, 2010). Geralmente, as bibliotecas são distribuídas das seguintes formas (BORGES, 2010):

- Pacotes distutils.
- Pacotes para gerenciadores de pacotes do Sistema Operacional.
- Instaladores.

- Python Eggs.

Os pacotes usando o módulo distutils, que é distribuído com o Python, são muito populares. Os pacotes são distribuídos em arquivos compactados (BORGES, 2010).

Para instalar, é necessário descompactar o arquivo, entrar na pasta que foi descompactada e por fim executar o comando (BORGES, 2010).

## 1.8 Exceções

São eventos de software gerados pelo Python no caso de erros, que podem modificar o fluxo de controle num programa (LUTZ & ARCHER, 2007). Quando ocorre uma falha no programa (como uma divisão por zero, por exemplo) em tempo de execução, uma exceção é gerada (BORGES, 2010). Se a exceção não for tratada, ela será propagada através das chamadas de função até o módulo principal do programa, interrompendo a execução (BORGES, 2010). As exceções nos permitem pular trechos arbitrariamente grandes de um programa (LUTZ & ARCHER, 2007). A instrução try permite o tratamento de exceções no Python (BORGES, 2010). A rotina try deixa para trás um marcador e executa algum código (LUTZ & ARCHER, 2007). Se ocorrer uma exceção num bloco marcado com try, é possível tratar a exceção através da instrução except. Podem existir vários blocos except para o mesmo bloco try (BORGES, 2010).

A sintaxe das exceções é a seguinte (BORGES, 2010):

```
try:
    print 1/0
except ZeroDivisionError:
    print 'Erro ao tentar dividir por zero.'
```

Se except recebe o nome da exceção, só esta será tratada. Se não for passada nenhuma exceção como parâmetro, todas serão tratadas (BORGES, 2010). Algumas regras gerais para o uso das exceções são (LUTZ & ARCHER, 2007):

- As operações que normalmente falham, geralmente são encerradas em instruções try.
- Implementar ações de término em instruções try/finally, para garantir sua execução, permite executar código, aconteçam exceções ou não.

## 2 Uso da IDE Pycharm

O IDE livre PyCharm foi utilizada no desenvolvimento do aplicativo. Sua eleição foi pela disponibilidade do seu assistente de código em linguagem Python, o qual tem a função autocompletar (ausente no IDLE nativa do Python). É uma IDE inteligente com um assistente

de código e análise, para desenvolvedores em Python em todos os níveis (JETBRAIN, 2017). Outra característica favorável e sua interface moderna comparando com a IDE nativa. Seu download é disponível no website < <https://www.jetbrains.com/pycharm/>>.

Combina diversas ferramentas de desenvolvimento de software (LONGLEY et al, 2013), incluindo um linguagem de programação visual, um editor, um depurador e um profiler (programa de monitoramento do desempenho do sistema). Seu depurador interativo ajuda a identificar problemas de sintaxe no código como comandos incorretos e instruções ausentes (LONGLEY et al, 2013).

O PyCharm fornece assistência de codificação inteligente, inspeções de código, e soluções rápidas, juntamente com conclusão automatizada de código e recursos de navegação avançados (JETBRAIN, 2017). Tem o realce de sintaxe, com cores personalizáveis para o código Python. Também tem a auto-indentação e formatação de código, os recuos automáticos são inseridos na nova linha (JETBRAIN, 2017). A verificação de recuo e formatação do código são compatíveis com as configurações de estilo de código do projeto (JETBRAIN, 2017).

Os erros são exibidos conforme você digita. O verificador ortográfico integrado verifica seus identificadores e comentários para erros ortográficos (JETBRAIN, 2017). Verifica o código Python à medida que você digita e também permite inspecionar todo o projeto para possíveis erros de código (JETBRAIN, 2017).

O detector de código duplicado inteligente analisa seu código e busca o código de cópia / colado. As opções de renomear e mover funcionam para arquivos, funções, constantes, classes, propriedades, métodos, parâmetros e variáveis locais e globais (JETBRAIN, 2017).

O usuário pode acompanhar facilmente as mudanças e ver as diferenças entre dois arquivos, ou comparar duas versões de um arquivo usando o visualizador gráfico integrado (JETBRAIN, 2017).

### **3 Uso do Módulo arcpy**

O módulo arcpy é o módulo padronizado para seu uso no linguagem de desenvolvimento Python (LONGLEY et al, 2013), e permite a personalização do ArcGIS, para seu uso por desenvolvedores. Permite a modificação do ArcGIS, permitindo adicionar uma nova funcionalidade ou ainda criar uma aplicação voltada a propósitos específicos (LONGLEY et al, 2013).

Para facilitar a personalização o software ArcGIS fornece acesso ao modelo de dados e expor os recursos para usar, modificar e complementar funções existentes (LONGLEY et al, 2013). O módulo arcpy é um componente do pacote de software ArcGIS destinado a desenvolvedores (LONGLEY et al, 2013), e pode ser chamado num ambiente integrado de desenvolvimento IDE (Integrated Development Environments).

O arcpy é a API (Interface de Programação de Aplicativos) padrão do ArcGIS, sendo um módulo independente do Python que implementa uma coleção coerente de funcionalidades bem definidas (LONGLEY et al, 2013), que possibilitam que a funcionalidade seja solicitada pelas ferramentas de programação do IDE PyCharm.