

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE**

**HUGO JOSÉ RIBEIRO**

**ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DE DADOS HIDROLÓGICOS A PARTIR DE  
DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE TERRENO**

**GOIÂNIA – GO**

**2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE**

**HUGO JOSÉ RIBEIRO**

**ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DE DADOS HIDROLÓGICOS A PARTIR DE  
DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE TERRENO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente.

Área de Concentração: Engenharia de Recursos Hídricos e de Sistemas Urbanos de Água

Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira  
Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Jussanã Milograna

**GOIÂNIA – GO**

**2015**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Ribeiro, Hugo José  
ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DE DADOS HIDROLÓGICOS A  
PARTIR DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE TERRENO  
[manuscrito] / Hugo José Ribeiro. - 2015.  
136 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira; co-orientadora  
Dra. Jussanã Milograna.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Engenharia Civil (EEC), Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
do Meio Ambiente, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, mapas, abreviaturas, gráfico, tabelas, algoritmos, lista  
de figuras, lista de tabelas.

1. MDEHC. 2. Vazão de Projeto. 3. Consistência Hidrológica. 4.  
Tamanho da Célula. I. Ferreira, Nilson Clementino, orient. II.  
Milograna, Jussanã, co-orient. III. Título.

**HUGO JOSÉ RIBEIRO**

**ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DE DADOS HIDROLÓGICOS A PARTIR DE  
DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE TERRENO**

Dissertação defendida e aprovada no Programa de Pós-graduação em Engenharia do Meio Ambiente (PPGEMA) da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do título de Mestre, em 20 de Fevereiro de 2015, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira (UFG)  
Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Jussanã Milograna (IFG)  
Co-orientadora

---

Prof. Dr. José Vicente Granato de Araújo (UFG)  
Examinador interno

---

Prof. Dr. Giovanni de Araújo Boggione (IFG)  
Examinador externo

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é o resultado da colaboração de pessoas e instituições. Assim, forneço os meus sinceros agradecimentos:

Aos meus familiares, pelo apoio e incentivo prestado para que eu sempre prosseguisse com meus estudos, buscando assim meu aperfeiçoamento pessoal e profissional;

Principalmente à minha querida esposa Edineuza Teixeira, que soube entender os meus momentos de ausência com serenidade e sempre me apoiou. Ao meu filho Matheus Teixeira que apesar de pequeno compreendeu que a ausência de alguns momentos era importante para que toda a família pudesse prosperar.

Aos meus pais Rubens Ribeiro e Célia Ribeiro, que sempre acreditaram que eu era capaz, e irmãos Danilo e Raquel sempre me apoiando e incentivando.

Ao professor Dr. Nilson Clementino Ferreira pela orientação, paciência, confiança depositada e pela oportunidade de desenvolvimento acadêmico e pessoal;

A professora Dra. Jussanã Milograna pelos momentos dispensados de apoio e orientação.

Um agradecimento especial ao sempre prestativo professor Dr. Alexandre Kepler Soares pelas valiosas informações durante o desenvolvimento deste trabalho;

À Universidade Federal de Goiás (UFG) e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente (PPGEMA) juntamente com todo o quadro de professores pela oportunidade de aprimoramento profissional.

Um agradecimento a todos os colegas de mestrado que de forma direta ou indireta sempre me auxiliaram nessa jornada. Ao companheiro de toda hora Rubens Villar, ao prestativo colega Wellington Nunes, a atenciosa companheira Gerani Felix, Tatiane Souza, Nady Elle e Lidiane Moraes.

Ao colega e Prof. Dr. Luís Rodrigo pela valiosa ajuda com a parte estatística da dissertação.

E também a CAPES pela concessão da bolsa de estudos que viabilizou a construção desta dissertação.

*“Não sei como pareço aos olhos do mundo, mas eu mesmo vejo-me como um pobre garoto que brincava na praia e se divertia em encontrar uma pedrinha mais lisa uma vez por outra, ou uma concha mais bonita do que de costume, enquanto o grande oceano da verdade se estendia totalmente inexplorado diante de mim.”*

*Isaac Newton*

Resumo da Dissertação apresentado ao PPGEMA/UFG como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente (M.Sc.)

## RESUMO

No meio digital o relevo é melhor representado pelo modelo digital de terreno (MDT) e, a extração automática de atributos topográficos a partir deste tipo de dado, configura-se numa alternativa viável em relação ao processo manual realizado sobre mapas topográficos. No entanto, os dados disponíveis podem conter falhas ou apresentar informações de altitude que não sejam propriamente do terreno. Neste sentido é importante considerar essas questões na aplicação do MDT. Na hidrologia, por exemplo, é preciso realizar etapas de pré-processamento para eliminar incoerências que venham impedir a reprodução natural do fluxo da água em direção aos leitos dos rios. O objetivo desta pesquisa é verificar os limites de aplicabilidade dos MDTs em análises hidrológicas. Para isto, foram utilizados 5 (cinco) dados MDTs: *Light Detection And Ranging* - LIDAR; Aerofotogrametria; Topodata; *ASTER Global Digital Elevation Model* - Aster GDEM; *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, com diferentes resoluções espaciais e métodos de aquisição. A esses dados foi aplicada uma técnica de correção hidrológica e posteriormente foram extraídos atributos de todas as superfícies. Estas informações foram utilizadas na construção do tempo de concentração e consequentemente dos hidrogramas de projeto, que por sua vez, foram utilizados para extrair a vazão máxima de projeto para os períodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, em uma faixa de número da curva (CN) variando entre 40 e 99. Foi construída por meio de linguagem de programação uma matriz de dimensão 60 linhas por 7 colunas, onde cada linha representa os valores máximos de vazão de cada hidrograma de projeto gerado a partir de cada valor de CN. No final obteve-se um conjunto de 24 matrizes contendo os valores de vazões máximas de projeto para cada valor de CN, além de atributos extraídos dos MDTs e dos Modelos Digitais de Terreno Hidrologicamente Consistentes (MDEHCs). De posse dessas informações foi aplicado um teste estatístico, com o intuito de avaliar a influência que o método de consistência hidrológica e as dimensões das células dos MDTs/MDEHCs tiveram sobre as vazões de projeto. Foi observado em uma das sub-bacias analisadas que a diferença entre as vazões máximas de projeto é diretamente proporcional ao aumento do CN e período de retorno. Notou-se uma diferença de até  $173,7 \text{ m}^3/\text{s}$  para um CN de 99 e período de retorno de 100 anos. A hipótese  $H_0$  do teste proposto foi aceita em todos os períodos de retorno tanto em relação ao método de consistência hidrológica aplicado quanto em relação ao tamanho da célula dos MDTs. Isto significa que é possível afirmar com uma probabilidade de erro de “P-Valor” por período de retorno, que as vazões geradas a partir dos atributos dos MDTs diferem das vazões geradas a partir dos atributos dos MDEHCs, assim como, entre os MDTs pesquisados a um nível de significância de 5%. A partir dos resultados pôde-se concluir que o método de interpolação para consistência hidrológica e tamanho da célula dos MDTs tem influência sobre a geração da vazão máxima de projeto.

**Palavras-chave:** MDEHC; Vazão de Projeto; Consistência Hidrológica; Tamanho da Célula.

Abstract of Thesis presented to the PPGEMA/UFG as part of the requirements for obtaining the master's degree in Environmental Engineering (M.Sc.)

## **ABSTRACT**

In the digital relief is best represented by the digital terrain model (DTM) and the automatic extraction from topographical parameters of this data type, configures a viable alternative in relation to the manual process performed on topographic maps. However, the available data may contain faults or present information to altitude that are not exactly the terrain. In this sense, it is important to consider these issues in the application of MDT. In hydrology, for example, you must perform preprocessing steps to eliminate inconsistencies that might prevent the natural reproduction of the flow of water toward the riverbeds. The objective of this research is to check the limits of applicability of the MDTs in hydrological analyses. For this, we used 5 (five) MDTs data: Light Detection And Ranging-LIDAR; Aerial Photography; Topodata; ASTER Global Digital Elevation Model-Aster GDEM; Shuttle Radar Topography Mission-SRTM, with different spatial resolutions and methods of acquisition. These data were applied a technique of hydrological correction and subsequently were extracted attributes from all surfaces. This information was used in the construction of the time of concentration and consequently the design hydrographs, which in turn were used to extract the maximum flow of project to return periods of 5, 10, 15, 20, 25, 50 and 100 years, in a range of the curve number (CN) varying between 40 and 99. It was built using a programming language of 60 dimension array rows by 7 columns, where each line represents the maximum values of each design hydrograph flow generated from each value of CN. In the end, it was obtained a set of 24 arrays containing the values of the maximum flows of project for each CN value, and attributes extracted of the MDTs and of digital models of terrain Hidrologicamente Consistente (MDEHCs). In possession of this information, a statistical test was applied in order to assess the influence that the hydrological consistency method and the dimensions of the cells of the MDTs/MDEHCs had about the project flows. Was observed in one of the sub-basins analysed that the difference between the maximum design flow is directly proportional to the increase in CN and payback period. It was noted a difference of up to 173.7 m<sup>3</sup>/s to a CN of 99 and return period of 100 years. The hypothesis H<sub>0</sub> of the proposed test was accepted in all return periods both in relation to hydrological consistency method applied as compared to cell dimension of MDTs. This means that it is possible to affirm with an error probability of "P-value" for return period, which the flows generated from the parameters of the MDTs differ from flows generated from the parameters of MDEHCs as well as between the MDTs surveyed at a significance level of 5%. From the results, it might be concluded that the interpolation method for hydrological consistency and size of the cell of the MDTs has influence on the generation of the maximum flow of project.

**Keywords:** DEMHC; Project Flow; Hydrological consistency; Cell Size.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Representação de um MDE e MDT .....	7
FIGURA 2 - Esquema do tamanho da célula de um MDT. ....	9
FIGURA 3 - Direção de fluxo, do pixel central para os oito vizinhos.....	12
FIGURA 4 - Acúmulo de fluxo para um fragmento de matriz. ....	13
FIGURA 5 - Representação do processo de rebaixamento do canal de drenagem numérico. .	15
FIGURA 6 - Processo de tratamento de regiões com falsas depressões em áreas planas. (A) matriz com falsas depressões (B) planificação das falsas depressões (C) aplicação do gradiente de elevação (D) sentido do fluxo.....	16
FIGURA 7 - Redes de drenagem e Limites de Bacias Hidrográficas, gerados por (a) Fillburn.aml, (b) Expocurv.aml, (c) Agree.aml, e (d) Tribburn.aml. Destacam-se os delineamentos das bacias em preto. As distorções estão representadas em vermelho e uma inconsistência no delineamento da rede destaca-se em verde na figura c. ....	18
FIGURA 8 - Dimensionamento hidrograma unitário sintético triangular.....	29
FIGURA 9 - Hidrograma adimensional do SCS (a) utilizado no dimensionamento do hidrograma unitário sintético curvilíneo (b).....	31
FIGURA 10 - Composição do CN com áreas impermeáveis diretamente conectadas. (a) porcentagens maiores ou iguais a 30. (b) porcentagens menores que 30. ....	35
FIGURA 11 – Localização da Área de Estudo.....	42
FIGURA 12 - Fluxograma para construção do MDEHC.....	44
FIGURA 13 - Fluxograma para geração do hidrograma de projeto e posterior análise dos resultados.....	50
FIGURA 14 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDT LIDAR com a rede MUBDG antes e após a correção. (A) rede drenagem extraída a partir do MDT LIDAR. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC LIDAR. ....	59
FIGURA 15 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDT elaborado por mapeamento aerofotogramétrico com a rede MUBDG, antes e após a correção. (A) rede drenagem extraída a partir do MDT Aerofotogrametria. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC Aerofotogrametria.....	60

FIGURA 16 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDE GDEM, com a rede MUBDG antes e após a correção. (A) rede drenagem extraída a partir do MDE GDEM. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC GDEM.....	60
FIGURA 17 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do DEM Topodata com a rede de referência MUBDG. (A) rede drenagem extraída a partir do MDE Topodata. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC Topodata.....	61
FIGURA 18 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDE SRTM com a rede de referência MUBDG. (A) rede drenagem extraída a partir do MDE SRTM. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC SRTM.....	61
FIGURA 19 - Avaliação das distâncias médias entre as redes de drenagem estimadas a partir dos MDTs/MDEHCs e a de referência.....	63
FIGURA 20 - Ferramenta elaborada pelo autor no programa ArcGis 9.3 para otimizar o processo de obtenção do tempo de concentração. ....	67
FIGURA 21 - Tempo de concentração pixel a pixel para todas as sub-bacias da área de estudo.....	68

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Estatísticas observadas pela aplicação dos métodos Stream Burning, Agree, ANUDEM v4 e ANUDEM v5. ....	19
TABELA 2 - Relações entre chuvas de 1 dia e 24 horas, para diferentes durações e tempos de retorno.....	24
TABELA 3 - Recomendações de uso para equações do tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. ....	27
TABELA 4 - Velocidades de escoamento em canais e superfícies, conforme a declividade. .	28
TABELA 5 - Coeficiente de Escoamento em Superfícies e Calhas Rasas ( $C_v$ ).....	28
TABELA 6 - Condições de umidade antecedente dos últimos 5 dias.....	32
TABELA 7 - Valores do numero da curva para bacias hidrográficas urbanas. ....	34
TABELA 8 - Características dos MDTs utilizados. ....	43
TABELA 9 - Coeficiente de Escoamento em Superfícies e Calhas Rasas ( $C_v$ ).....	51
TABELA 10 - Cálculo do hietograma de projeto pelo método dos blocos alternados. ....	53
TABELA 11 - Diferenças encontradas entre os atributos medidos a partir do MDT e MDEHC Topodata. As maiores diferenças estão em destaque por sub-bacia.....	64
TABELA 12 - Diferenças encontradas entre os atributos medidos a partir do MDT e MDEHC LIDAR. As maiores diferenças estão em destaque por sub-bacia.....	65
TABELA 13 - Diferenças encontradas entre os atributos medidos a partir do MDT LIDAR e MDT Topodata. As maiores diferenças estão em destaque por sub-bacia.....	66
TABELA 14 - Tempos de concentração em minutos calculados por sub-bacia partir dos MDTs e MDEHCs. ....	68
TABELA 15 - Diferenças absolutas encontradas entre o MDT e MDEHC LIDAR para sub-bacia do Córrego Botafogo em Goiânia. Em que T representa o período de retorno e CN o número da curva ou "Curve Number". ....	70
TABELA 16 - Teste de Wilcoxon aplicado para o MDT/MDEHC LIDAR da sub-bacia do córrego Botafogo. ....	71
TABELA 17 - Teste de Wilcoxon aplicado para o MDT LIDAR e Topodata da sub-bacia do córrego Botafogo. ....	72
TABELA 18 - Diferenças absolutas encontradas entre o MDT Topodata e MDT LIDAR para sub-bacia do Córrego Botafogo em Goiânia. Em que T representa o período de retorno e CN o número da curva ou "Curve Number". ....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cx	Cambissolos
DEM	Modelo digital de elevação
Gj	Gleissolo
GO	Goiás
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
km <sup>2</sup>	Quilômetros Quadrados
Lve	Latossolos
PVA	Argissolos
SEPLAN-GO	Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás
SIEG	Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
WGS 84	World Geodetic System
MDT	Modelo Digital de Terreno
MDEHC	Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente
LIDAR	Light Detection And Ranging
GDEM	Global Digital Elevation Model
ANUDEM	Austrália National University DEM
IDW	Inverse Distance Weighting
OK	Krigagem Ordinária
TIN	Triangulated Irregular Network
IDF	Intensidade, Duração, Frequência
CN	Curve Number
T	Período de retorno
USDA	United States Department of Agriculture
UTM	Universal Transverso de Mercator
Tc	Tempo de Concentração
SCS	Soil Conservation Service
HUC	Hidrográfica Unitária Curvilínea
HUT	Hidrográfica Unitária Triangular

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	3
1.2	OBJETIVOS	4
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>5</b>
2.1	MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)	5
2.1.1	Definições, Conceitos e Aplicações	5
2.1.2	Aquisição de dados	8
2.1.3	Interpolação de Dados Altimétricos	9
2.2	APLICAÇÃO DE MDTs NA HIDROLOGIA	11
2.2.1	Derivação de Atributos do Terreno	12
2.2.2	Consistência Hidrológica dos MDTs	14
2.3	CHUVAS INTENSAS	21
2.3.1	Relação Intensidade, Duração e Frequência	21
2.3.2	Hietograma de Projeto	24
2.4	HIDROGRAMA DE PROJETO	25
2.4.1	Tempo de Concentração	25
2.4.2	Hidrograma Unitário Sintético Triangular e Curvilíneo do SCS	29
2.4.3	Número da Curva (CN)	31
2.4.4	Obtenção do Hidrograma de Projeto por meio da Convolução de Hidrogramas Unitários	36
2.4.5	Testes Estatísticos não Paramétricos	39
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>41</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
3.2	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS	42
3.2.1	MDTs	43
3.2.2	Obtenção da Drenagem Vetorial e Construção do MDEHC	43
3.2.3	Procedimentos de correção hidrológica e extração de atributos físicos dos MDTs e MDEHCs	44
3.2.3.1	Pré-processamento dos MDTs	45
3.2.3.2	Geração dos MDEHCs com topo to raster	45
3.2.3.3	Pós-processamento dos MDEHCs	48
3.2.3.4	Extração das características físicas das sub-bacias, para os MDTs e MDEHCs	48

<b>3.2.4 Avaliação da influência da correção hidrológica e tamanho da célula no hidrograma de projeto .....</b>	<b>49</b>
3.2.4.1 – Cálculo do tempo de concentração.....	51
3.2.4.2 Cálculo da chuva e hietograma de projeto .....	52
3.2.4.3 Parâmetro CN e cálculo da precipitação efetiva.....	54
3.2.4.4 Cálculo dos hidrogramas unitários sintéticos triangulares e curvilíneos.....	54
3.2.4.5 Cálculo dos hidrogramas de projeto.....	54
3.2.4.6 – Teste Estatístico de Wilcoxon Pareado .....	55
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
4.1 COINCIDÊNCIA ESPACIAL ENTRE AS REDES HIDROLÓGICAS ESTIMADAS E A OBTIDA POR ÓRGÃO OFICIAL .....	59
4.2 EXTRAÇÃO DOS ATRIBUTOS A PARTIR DOS MDTs/MDEHCs .....	64
4.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO .....	66
4.4 VAZÕES MÁXIMAS DE PROJETO .....	69
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>77</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE III.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE IV.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE V.....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE VI.....</b>	<b>136</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o último século a expansão de áreas urbanizadas tem causado expressivos impactos à natureza. A população humana que precisa construir um ambiente viável à sua sobrevivência promove expressivas alterações do ambiente natural causando entre outras coisas a retirada da vegetação nativa e a impermeabilização do solo. No entanto, quando esta impermeabilização ocorre sem planejamento prévio muitos eventos indesejáveis ocorrem, tais como as inundações urbanas, os efeitos das ilhas de calor, dentre outros. A correta gestão ambiental destes locais torna-se então essencial e a bacia hidrográfica atua, neste caso, como unidade de planejamento (WMO, 1992).

O relevo é o principal agente participante nos processos físico-químicos de uma bacia hidrográfica, e tem importância fundamental na distribuição do fluxo hídrico pela paisagem natural (MARTZ & GARBRECHT, 2000). No meio digital, o relevo é melhor representado pelo modelo digital de terreno (MDT) e a extração automática de atributos topográficos a partir deste tipo de dado, configura-se numa alternativa viável em relação ao processo manual realizado sobre mapas topográficos.

Nas últimas décadas o acesso facilitado à internet e a disponibilidade de modelos digitais de elevação em abrangência global têm possibilitado à comunidade científica o amplo uso desse tipo de dado. No entanto, os dados disponíveis podem conter falhas ou apresentar informações de altitude que não sejam propriamente do terreno. Neste sentido é importante considerar essas questões na aplicação do MDT. Na hidrologia, por exemplo, é preciso realizar etapas de pré-processamento para eliminar incoerências que venham impedir a reprodução natural do fluxo da água em direção aos leitos dos rios (RIBEIRO & FERREIRA, 2014).

Na literatura científica o termo utilizado para denominar um MDT que represente a superfície real de forma mais fidedigna é Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). Com ele é possível garantir a consistência dos atributos hidrológicos e geomorfométricos extraídos e, maximizar a confiabilidade das análises que utilizem esta informação. Diversas técnicas para gerar o MDEHC vêm sendo aprimoradas visando à minimização de inconsistências dos MDTs (CHAVES, 2002).

A consistência hidrológica de um MDT torna-se mais relevante para a ciência da hidrologia nos estudos relacionados com o escoamento superficial. A questão é que os MDTs produzidos a partir de varredura a laser ou aerofotogrametria geram superfícies que representam além do solo, elementos tais como pontes, viadutos, prédios de diversas altitudes,

vegetação, entre outros, com alto nível de detalhamento. E apesar de haver a possibilidade de selecionar os pontos refletidos a partir do solo, a remoção de tais artefatos por algoritmos de classificação nem sempre é eficaz, o que dificulta e por vezes impossibilita uma análise coerente do escoamento superficial de uma bacia hidrográfica.

Tendo em vista os fatores anteriormente mencionados, a “hipótese deste trabalho” considera que ao utilizar informações de atributos do terreno extraídos a partir de diferentes fontes de MDTs em modelos hidrológicos de chuva-vazão, a saída da vazão máxima de projeto será diferente com base nos atributos de cada MDT.

Além de testar esta hipótese, foram avaliadas as magnitudes dessas diferenças. Para testar esta hipótese, foram utilizados 5 (cinco) dados MDT com diferentes resoluções espaciais e métodos de aquisição. A esses dados foi aplicada uma técnica de correção hidrológica, e posteriormente foram extraídos atributos tais como: área, rede hidrográfica, comprimento do talvegue, declividade do terreno e hipsometria de todas as superfícies. Estas informações foram utilizadas na construção do tempo de concentração e conseqüentemente dos hidrogramas de projeto, que por sua vez, foram utilizados para extração da vazão máxima de projeto para os períodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, em uma faixa de número da curva (CN) variando entre 40 e 99.

Foi construída por meio de linguagem de programação uma matriz de dimensão 60 linhas por 7 colunas, onde cada linha representa os valores máximos de vazão de cada hidrograma de projeto gerado a partir de cada valor de CN. Foi obtido no final um conjunto de 24 matrizes contendo os valores de vazões máximas de projeto para cada valor de CN, além de atributos extraídos dos MDTs e MDEHCs. De posse dessas informações foi aplicado um teste estatístico, com o intuito de avaliar a influência que o método de consistência hidrológica e as resoluções espaciais dos MDTs/MDEHCs tiveram sobre as vazões de projeto.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Os MDTs constituem uma das fontes mais importantes na obtenção de informações hidrológicas tais como: área de bacias hidrográficas, rede hidrográfica, comprimento do talvegue, declividade do terreno e hipsometria, que são utilizadas como dados em diversos modelos hidrológicos. A qualidade destes dados está diretamente relacionada com a qualidade do MDT. Muitas são as fontes de incertezas que podem degradar a qualidade das análises hidrológicas, e os MDTs são considerados como o foco central, pelo fato destes dados fornecerem os atributos essenciais para construção da maioria das análises hidrológicas.

É válido destacar, que o esperado ao utilizar informações extraídas de um dado MDT, seja ele produzido por varredura a laser, por processos aerofotogramétricos ou oriundos do processamento de dados de radar é, que os valores sejam no mínimo próximos. Se existirem discrepâncias expressivas entre esses valores, isso certamente irá influenciar nas estimativas das vazões de projeto que serão sub ou superdimensionadas, gerando ônus não só ao Estado, mas à população como um todo.

A vazão de projeto, geralmente utilizada no dimensionamento de obras de drenagem urbana, é calculada com base em dados históricos de vazão ou com base na precipitação associada a um risco. Para estimar a vazão pela segunda opção necessita-se além de dados de precipitação, dados do terreno, tais como: comprimento do rio principal e talvegue, declividade, dentre outros, que são extraídos diretamente dos MDTs. Dependendo da intensidade dos erros implícitos nesses atributos, a vazão de projeto pode sofrer variações significativas.

Wise (2007) verificou que o método de criação de um MDT tem influência direta na sua qualidade. Para comprovar a sua pesquisa, ele criou 6 superfícies a partir de curvas de nível extraídas de cartas topográficas, utilizando 6 diferentes métodos de interpolação. Em seguida, os MDTs foram inseridos no modelo *Topography-based hydrological model* (TOPMODEL), para realização de análises de escoamento superficial e vazão. Foi observada uma diferença de até 200% nas previsões de escoamento superficial entre os MDTs e 25% nas previsões de vazões. O autor concluiu que os padrões previstos de escoamento superficial foram fortemente afetados pelos diferentes processos de interpolação para a construção de MDTs.

Diante do exposto, torna-se essencial uma investigação do nível de influência que os atributos extraídos a partir de MDTs gerados por usuários de informação espacial, ou

mesmo de MDTs disponíveis de forma livre, tais como SRTM, GDEM e Topodata, têm sobre as análises hidrológicas. Trabalhos como o de Wise (2007) reforçam esta necessidade, já que o uso indiscriminado desses dados, sem a avaliação crítica dos erros implícitos, pode levar à redução da vida útil de uma obra de drenagem ou mesmo expor uma determinada população ao risco de possíveis inundações abruptas.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é de avaliar os limites de aplicabilidade dos Modelos Digitais de Terreno (MDTs) oriundos de diferentes métodos de mapeamentos em estudos hidrológicos.

Para alcançar o objetivo geral desse trabalho foi necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a coincidência espacial entre as redes hidrográficas estimadas a partir de MDTs e MDHECs com a obtida por fonte oficial;
- Quantificar a variação dos atributos físicos da bacia extraídos a partir dos MDTs e MDEHCs;
- Avaliar as discrepâncias nas vazões máximas de projeto para diferentes resoluções espaciais de diferentes MDTs obtidos por diferentes métodos e equipamentos; e
- Avaliar as diferenças encontradas nas vazões máximas de projeto geradas a partir de atributos extraídos de MDTs e MDEHCs a um nível de significância de 5%.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordados os conceitos necessários para o entendimento desta pesquisa. Iniciando com esclarecimentos sobre o que é um Modelo Digital de Terreno (MDT), fontes de dados para geração de um MDT e o processo de modelagem e consistência hidrológica de uma superfície.

### 2.1 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)

Um MDT geralmente representa uma porção, ou toda a superfície da terra por meio de uma estrutura matricial regularmente espaçada, com valores de altitude armazenados em cada célula (HENGL e REUTER, 2009). De forma analítica, um MDT pode ser descrito por  $Z = f(x, y)$ , em que o valor de elevação  $Z$  é função de um par de coordenadas planas  $x, y$  (ZHOU e LEES, 2008).

#### 2.1.1 Definições, Conceitos e Aplicações

O termo “modelo digital de terreno” foi introduzido pela primeira vez pelos engenheiros Charles Miller e Arthur Robert Laflamme ambos do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). No ano de 1958, Charles Miller definiu que “o modelo digital do terreno (MDT) é simplesmente uma representação estatística da superfície contínua do terreno por um grande número de pontos selecionados com conhecimento das coordenadas  $X, Y, Z$  em um sistema de coordenadas arbitrário” (MILLER, 1958). Um ano depois, Laflamme (1959) orientado por Miller utilizou este conceito em sua tese.

Existe uma expressiva quantidade de termos na literatura técnica para definir o que é um modelo digital de terreno. Alguns autores convencionam apenas uma nomenclatura a fim de reduzir as ambiguidades. Todavia, muitos destes termos são considerados sinônimos (LI et al., 2010).

Desde a definição do termo original atribuído a Miller e Laflamme, surgiu uma variedade de significados em diferentes países para nomear um modelo digital de terreno, tal como Modelo Digital de Elevação (DEM); Modelo Digital de Altitude (DHM); Modelo Digital de Superfície da Terra (DGM) (PETRIE & KENNIE, 1987); Base de Dados de Elevação Digital do Terreno (DTED) (FARR et al., 2007).

Os termos DHM e DEM se referem a modelos de elevação da superfície, sendo que o primeiro é originado da Alemanha e o segundo é mais usual nos Estados Unidos. A mesma semelhança ocorre entre o DGM, originário do Reino Unido e MDT, que representam a superfície do terreno. O acrônimo Digital Terrain Elevation Database (DTED) se refere a um produto da Agência Nacional de Mapeamento e Imagens (NIMA) nos Estados Unidos, que possui três níveis de processamento. O Nível 0, disponível para a população, tem resolução espacial de 1 km, enquanto que os Níveis 1 e 2 não disponíveis ao público têm respectivamente dimensões de células de 100 e 30 metros (EL-SHEIMY et al., 2005; FARR et al., 2007).

Como visto, pode-se reduzir a ambiguidade dos termos para dois conceitos mais difundidos na literatura técnica e exemplificados na Figura 1. Se a produção do modelo considerar objetos acima da superfície, então ele será de elevação, ou seja, um DEM, ou Modelo Digital de Elevação (MDE). É válido destacar que apesar do uso desta superfície estar relacionado em sua maior parte com objetos acima do terreno, ela pode representar qualquer fenômeno que tenha uma referência espacial, tais como: poluição, pluviometria, densidade populacional, dentre outros. Caso contrário o modelo será um MDT, relacionado apenas à superfície. A escolha entre um MDT ou MDE é determinada conforme a sua aplicação.

A partir deste ponto do trabalho, quando houver a necessidade de citar diferentes modelos, será usado o termo MDTs para representá-los de um modo mais amplo e facilitar a leitura do texto. Os MDTs fornecem atributos topográficos que servem de base para análise de diversas ciências.

El-Sheimy et al. (2005) consideram que os MDTs possuem um vasto campo de aplicação, tal como na Engenharia Civil; Ciências da Terra; planejamento e gerenciamento de recursos naturais; Sensoriamento Remoto e mapeamento.

FIGURA 1 - Representação de um MDE e MDT



Fonte: Adaptado da página OCAD, internet<sup>1</sup>.

No campo da exploração espacial os MDTs são utilizados para o mapeamento da geologia, geomorfometria e topografia de planetas e satélites. Petau et al. (2013) utilizaram pares estereoscópicos de imagens obtidas pela câmera *High Resolution Stereo Camera (HRSC)*, instalada a bordo da *Mars Express Orbiter and Context Camera (CTX)*, para gerar um MDT e, a partir deste, analisar os processos fluviais e de balanço de massa na cratera *Newton Crater's Rim* em Marte.

Outros pesquisadores (Kokhanov et al., 2014; Spudis et al., 2013) exploraram a geologia, topografia e geomorfometria da Lua por meio de MDTs de alta resolução espacial, gerados a partir de imagens obtidas pelas câmeras: *Lunar Orbiter Laser Altimeter (LOLA)*, *Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)*. Em geral, os modelos digitais demonstraram grande relevância para a extração de atributos da superfície, e uma alternativa viável para estudos em ambientes extraterrestres.

A geração dos MDTs depende de dados de elevação, que podem ser coletados de diversas formas ou fontes, seja por levantamento topográfico, geodésico, aerofotogramétrico, classificação de pontos *Light Detection and Ranging (LIDAR)* ou por digitalização de curvas de nível e pontos altimétricos, disponíveis em cartas topográficas analógicas. Posteriormente os dados são interpolados, originando uma nova superfície contínua de elevação do terreno.

<sup>1</sup>Disponível em: <<http://ocad.com/en.wiki/index.php?title=File:DEM.jpg>>. Acesso em: 04/03/2014

### 2.1.2 Aquisição de dados

A superfície terrestre é caracterizada por uma infinidade de pontos com coordenadas tridimensionais. Contudo, seria inviável utilizar todos na construção de um MDT em ambiente computacional. Neste caso, é preciso obter uma amostra deste total.

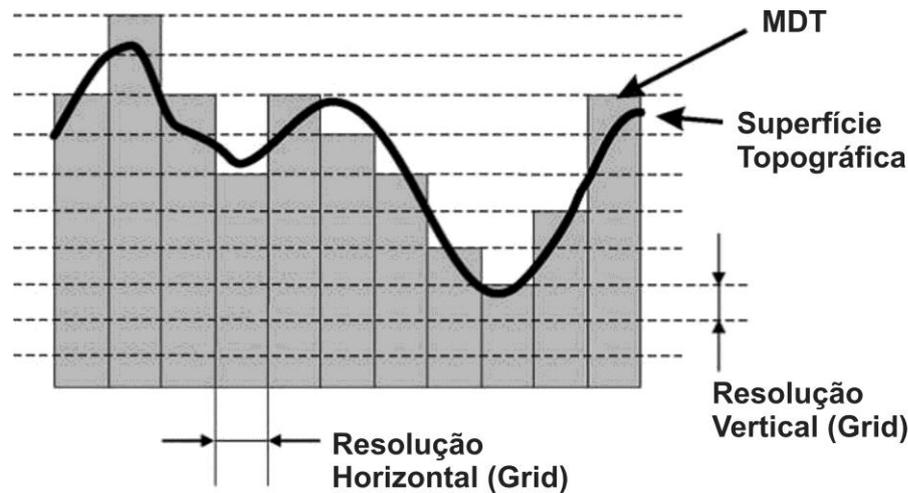
Chaves (2002) considerou que ao adquirir as amostras é preciso haver um equilíbrio entre quantidade e qualidade. O que determina a exatidão na representação da superfície é o cuidado na seleção do conjunto. Além disso, devem-se considerar os limites de tempo de processamento, além das características de programas computacionais e capacidades de processamento dos equipamentos de informática.

Uma das fontes de dados de altitude mais utilizadas são as curvas de isovalor altimétrico das cartas topográficas, analógicas ou digitais. No Brasil, elas são construídas e distribuídas, de forma gratuita ou comercial, pelo Exército Brasileiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), outros órgãos federais, instituições dos governos estaduais e municipais, além de empresas do setor privado. Em ambiente SIG, é possível extrair curvas de nível e pontos altimétricos das cartas topográficas por meio de vetorização. Esses dados servem como base para o processo de interpolação.

Os pontos altimétricos nas cartas topográficas são amostras tridimensionais do terreno levantadas durante o processo de mapeamento. Essas amostras podem ser regulares, ou seja, a posição espacial  $(x, y)$  destas, mantêm um padrão de espaçamento nas direções  $x$  e  $y$ . As amostras semirregulares preservam a regularidade em uma direção preferencial  $x$  ou  $y$ , enquanto que nas amostras irregulares não há um padrão de regularidade na distribuição e, na maioria dos casos, são as que melhor representam um fenômeno (FELGUEIRAS e CÂMARA, 2001).

O tamanho da célula (Figura 2) está relacionado com a distribuição das amostras. Se estas são regulares, cada célula terá armazenado um valor de altitude associado a uma posição bidimensional  $(x, y)$ , e a distância entre as amostras definirá a dimensão da célula. No entanto, se as amostras são semirregulares ou irregulares faz-se necessário o uso de métodos de interpolação para que cada célula não relacionada a uma amostra tenha o seu valor de altitude estimado (HENGL e REUTER, 2009; LI et al., 2010). O conjunto de células que forma o MDT também é denominado de *grid*, ou *grade*, e o tamanho da célula desta *grade* podem influenciar diretamente nos resultados de análises hidrológicas.

FIGURA 2 - Esquema do tamanho da célula de um MDT.



Fonte: Traduzido de Hengl e Heuter (2009).

Algumas pesquisas (Chaplot, 2005; Zhang et al., 2011; Lin et al., 2010; Ghaffari, 2011) encontraram forte evidência da influência do tamanho da célula na produção de sedimentos e escoamento superficial com o uso do modelo SWAT. Foram observadas alterações na declividade do terreno de aproximadamente 50% para MDTs entre 30 e 1000 metros de dimensão da célula, além de erro relativo na produção de sedimentos de até 11,3% para MDTs entre 10 e 500 metros. De modo geral, há um consenso entre os autores de que o maior impacto está na alteração das características do terreno. Chang e Chao (2013) reiteram que o tamanho da célula do MDT tem maior influência sobre o pico da vazão no hidrograma.

O processo de interpolação é uma etapa fundamental na modelagem de um MDT. Atualmente, estão disponíveis diversos algoritmos de interpolação que são utilizados na geração de MDTs e outros fenômenos de natureza contínua. No tópico seguinte será discutida a aplicação destes interpoladores.

### 2.1.3 Interpolação de Dados Altimétricos

Considera-se modelagem digital do terreno a obtenção da representação contínua do relevo a partir da interpolação de um conjunto de amostras de pontos altimétricos (FELGUEIRAS e CÂMARA, 2001). A questão é que a partir de uma mesma fonte de amostra, diferentes métodos de interpolação podem gerar diferentes valores para uma mesma célula da grade (LLOYD e ATKINSON, 2002). Devido a esta condição, há uma necessidade em se determinar com o máximo critério, o método a ser utilizado. Algumas pesquisas

recentes demonstram as divergências e diferentes níveis de acurácia e precisão entre os métodos.

Hernández et al. (2013) testaram a precisão de MDEs utilizando diferentes métodos de interpolação e amostras de levantamento topográfico espaçadas regularmente em 1 metro de distância. Foram utilizados quatro algoritmos, sendo dois determinísticos: Distância Inversa Ponderada (IDW) e *Austrália National University DEM* (ANUDEM) e, dois probabilísticos: Krigagem Ordinária (OK) e Krigagem com Modelo de Tendência (KT). Os autores observaram erros sistemáticos nas superfícies produzidas pelos métodos IDW, ANUDEM e OK. O método KT apresentou o melhor resultado, com precisão altimétrica em torno de 18 centímetros. Porém, não foi possível afirmar que este método é superior aos outros, sendo que eles consideraram que é preciso realizar novas pesquisas com diferentes espaçamentos para confirmar o resultado.

Por outro lado, Tan e Xu (2014) não compartilham da mesma opinião que Hernández et al. (2013) sobre o método ANUDEM. Eles pesquisaram seis diferentes métodos (ANUDEM, *Triangular Irregular Network* (TIN), IDW, *Kriging*, *Natural Neighbor*, *Spline Method*) de interpolação em três tipos distintos de paisagens em uma grade com células de 25 metros e testaram a acurácia dos resultados a partir de pontos de checagem, curvas de nível e atributos do terreno. Eles concluíram que a influência dos métodos de interpolação na acurácia do MDT depende do tipo de paisagem, da distribuição espacial das amostras e outros fatores. Eles afirmaram que entre os métodos testados, o ANUDEM produziu o melhor resultado, sendo que o IDW foi o segundo melhor.

Goulden et al. (2014) investigaram a relação entre o tamanho da célula do MDT e o delineamento de rede de drenagem e da área da bacia hidrográfica a partir de dados adquiridos por sistema LIDAR utilizando cinco métodos, o *Inverse Distance Weighting* (IDW), *Moving Average* (MA), *Universal Kriging* (UK), *Natural Neighbor* (NN) e *Triangular Irregular Network* (TIN). Os métodos foram aplicados na geração de grades com células de 1, 5, 10, 25 e 50 metros. Eles demonstraram que o tamanho da célula contribuiu para a variabilidade da área da bacia e a escolha dos métodos influenciou no comprimento e na localização das redes de canais estimadas.

As análises que dependem das informações extraídas de superfícies interpoladas podem ser prejudicadas devido à falta de conhecimento ou habilidade em utilizar os diferentes métodos existentes.

Em algumas situações existem diferenças significativas, como na pesquisa de Alves e Vecchia (2011), que encontraram uma discrepância de 0,73 no coeficiente de

determinação ( $r^2$ ) de superfícies interpoladas a partir de postos pluviométricos no estado de Goiás a partir de quatro tipos de interpoladores (IDW, krigagem, Mínima Curvatura e Triangulação). Os autores atribuem o desempenho insatisfatório dos métodos IDW, krigagem e Triangulação à variabilidade do fenômeno analisado e a distribuição espacial das amostras.

Somente com base na literatura técnica, pode não ser possível definir qual interpolador é o melhor, pois os limites de aplicabilidade dos diversos métodos de interpolação envolvem quantidade, distribuição espacial das amostras, variabilidade do fenômeno pesquisado e escolha adequada do tamanho da célula de saída do algoritmo, além da habilidade e experiência do operador. Portanto, cada caso deve ser analisado separadamente.

Hengl e Heuter (2009) consideram que o sucesso do interpolador depende muito de como ele é aplicado. Se a aplicação está relacionada a movimento de massa ou água, então é importante que se utilize um interpolador que prepare o MDT corrigindo-o hidrológicamente, como o ANUDEM por exemplo. Se o MDT for usado para produção de Ortofotos, então, deve-se adotar um interpolador que leve em consideração a acurácia dos valores de elevação, que serão mais importantes, mesmo que alguns caminhos de drenagem não estejam corretos.

Uma vez realizada a escolha do interpolador, deve-se analisar qual a melhor representação do relevo para um determinado estudo. As mais utilizadas são as estruturas matriciais, mais conhecidas como “*Grids*”, e o formato de rede irregular triangular do termo em inglês *Triangular Irregular Network* “TIN”.

## 2.2 APLICAÇÃO DE MDTs NA HIDROLOGIA

O maior interesse dos hidrólogos nos MDTs está na derivação de atributos do terreno que são utilizados, geralmente, em modelagem hidrológica. Atualmente, existem diversas fontes de dados de elevação, com diferentes níveis de refinamento ou dimensão da célula. Algumas delas estão disponíveis ao público, como os modelos Topodata (Valeriano, 2005) e SRTM (Farr et al., 2007), com 30 e 90 metros de resolução espacial respectivamente. Os modelos mais refinados, com resoluções espaciais em torno de 1 a 5 metros, são gerados a partir de tecnologias como Aerofotogrametria e mapeamento a laser.

Em análises hidrológicas, um dos primeiros atributos a ser extraído é a rede de drenagem numérica. No sistema real, o escoamento superficial gera canais que formam uma rede conectada entre si, capaz de conduzir a água por gravidade até o exutório de uma bacia

hidrográfica. Na drenagem numérica os canais são formados pelo mesmo princípio, por meio de algoritmos especificamente projetados para este fim. Nos próximos tópicos serão abordados assuntos como a geração de uma rede de drenagem numérica; a consistência hidrológica de um MDT e a influência deste último procedimento nos resultados das análises hidrológicas.

### 2.2.1 Derivação de Atributos do Terreno

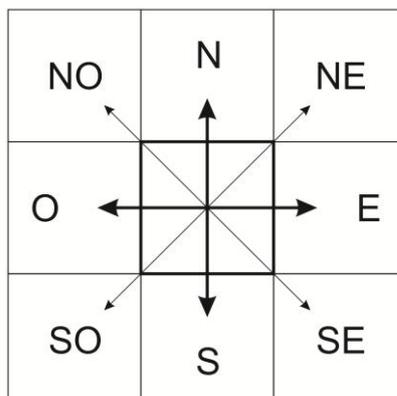
A rede de drenagem fornece informações essenciais para estudos hidrológicos. Como exemplo, as diversas equações do tempo de concentração de uma bacia que são dependentes de características como a declividade e comprimento dos canais.

O primeiro algoritmo de extração de redes de drenagem foi proposto por O'Callaghan e Mark (1984), em 3 (três) etapas:

- definição das direções de fluxo para cada célula do MDT;
- cálculo da área de contribuição para cada célula do MDT; e
- extração da rede de drenagem com base em um limiar de área de contribuição.

Em uma janela de dimensão 3 x 3 pixels, partindo do pixel central, existe a possibilidade de oito direções de fluxo em relação aos pixels vizinhos (Norte, Sul, Leste, Oeste, Sudeste, Sudoeste, Nordeste, Noroeste), daí o termo “*Deterministic 8*”. Este foi o conceito básico utilizado na geração do algoritmo de direção de fluxo (Figura 3).

FIGURA 3 - Direção de fluxo, do pixel central para os oito vizinhos.



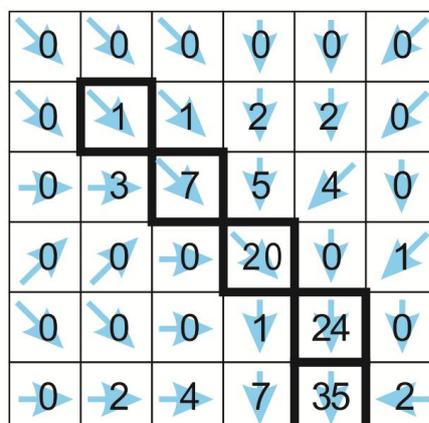
O caminho do fluxo em uma das direções (45°) é determinado pelo cálculo da declividade entre o pixel central e seus vizinhos. O vizinho com maior declividade determina em que direção o fluxo deve seguir. O algoritmo repete o cálculo em todo o MDT e gera uma nova matriz de direção de fluxo com a mesma dimensão do dado de entrada.

Entretanto, foram observadas algumas limitações como erros na delimitação de bacias hidrográficas e aparecimento de segmentos retilíneos em regiões planas (Ferrero, 2004), devido ao surgimento de pixels com valores anômalos, ou seja, pixels com valores muito menores do que seus vizinhos, estes são chamados na literatura técnica de “fossos” ou “falsas depressões”. Para garantir o correto escoamento na superfície, é preciso que haja uma correção deste problema (O’CALLAGHAN e MARK, 1984). Este assunto será tratado no tópico seguinte.

As limitações do método “*Deterministic 8*” influenciaram outros pesquisadores (Band, 1986; Jenson e Domingue, 1988; Mark, 1988; Morris e Heerdegen, 1988; Tarboton et al., 1988-1989; Jenson, 1991; Martz e Garbrecht, 1992) a propor novos algoritmos que aprimorassem o trabalho realizado por O’Callaghan e Mark (1984). A maioria deles encontra-se disponível nos diversos programas computacionais de SIG e podem ser selecionados na geração da matriz de direção de fluxo conforme a necessidade do usuário e características do terreno.

Na sequência, determina-se a área de contribuição para cada pixel da matriz. A área de contribuição representa o somatório do número de pixels que drenam para o pixel analisado, conforme ilustra a Figura 4.

FIGURA 4 - Acúmulo de fluxo para um fragmento de matriz.



Fonte: Adaptado de ESRI, 2011.

As setas em azul indicam o direcionamento do fluxo sobre a superfície. A área de contribuição de um determinado pixel pode ser calculada pela soma das áreas de todos os pixels que, seguindo a mesma direção do fluxo, chegam ao pixel de interesse. A densidade ou extensão da rede de canais pode ser controlada com base em limiares de pixels de fluxo acumulado, quanto menor for o limiar maior será a densidade da rede (O'CALLAGHAN e MARK, 1984).

Praticamente todas as técnicas de extração automática da rede de drenagem posteriores à O' Callaghan e Mark (1984), utilizaram como base os conceitos apresentados anteriormente. O avanço computacional e a disponibilidade de dados de elevação por meio da internet, fez com que aumentasse o uso dos MDTs e a preocupação com a sua qualidade antes da utilização em análises, principalmente envolvendo o movimento da água sobre e através a superfície. Neste sentido, novos trabalhos surgiram com propostas de refinamento dos MDTs para garantir a consistência hidrológica das superfícies, possibilitando análises mais confiáveis.

### **2.2.2 Consistência Hidrológica dos MDTs**

Encontra-se na literatura científica um conjunto de termos para denominar o procedimento de adequação de um MDT para análises hidrológicas, sendo eles: correção hidrológica, consistência hidrológica ou condicionamento hidrológico. O fato é que estes diferentes termos se referem à geração de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) capaz de reproduzir com a máxima fidelidade o caminho preferencial do escoamento superficial (CHAVES, 2002; OLIVEIRA et al., 2010-2012; ESRI, 2011; ZHANG et al., 2011).

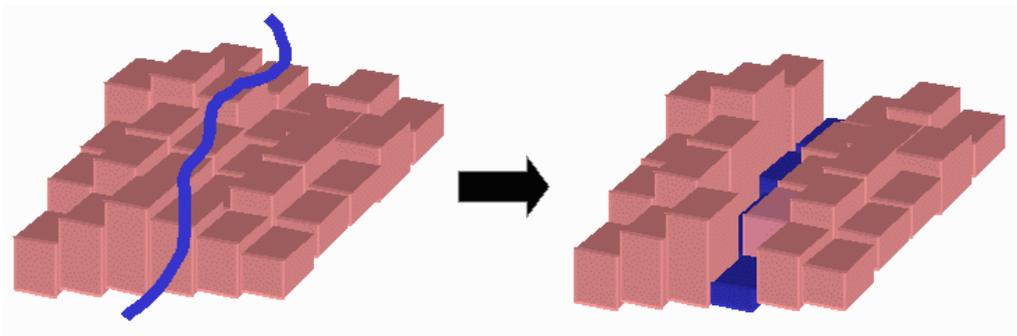
Para alcançar o resultado de uma rede de drenagem conectada, O' Callaghan e Mark (1984) sugeriram que o MDT fosse suavizado antes de gerar a matriz de direção de fluxo para reduzir as falsas depressões em quantidade e dimensão. O problema é que este procedimento gerou uma perda de informação do MDT e não garantiu a coincidência espacial entre a drenagem numérica e a real (MARTZ E GARBRECHT, 1992-2000). Logo, surgiram novas técnicas mais elaboradas a fim de solucionar esta questão.

O método “*Stream Burning*” foi idealizado para tentar corrigir a não coincidência entre as redes de drenagem, combinando topografia digital e feições hidrográficas. Um valor constante de profundidade especificado pelo usuário é subtraído dos

pixels que são interseccionados pelo vetor de drenagem, o que gera um rebaixamento no canal (Figura 5).

Este procedimento tem sido utilizado com limitações, devido às distorções na geração dos limites da bacia e o surgimento de canais paralelos. Entre as principais vantagens deste método estão a sua simplicidade, eficiência computacional e a alteração de poucos pixels no terreno digital (HELLWEGER e MAIDMENT, 1997; MIZGALEWICZ, 1996; SAUNDERS, 2000).

FIGURA 5 - Representação do processo de rebaixamento do canal de drenagem numérico.



Fonte: Página da Universidade do Texas em Austin, Internet<sup>2</sup>.

O método “*Agree*” (Hellweger e Maidment, 1997) constitui os talwegues por meio do aprofundamento da drenagem numérica, forçando o seu alinhamento com o vetor drenagem de referência. Uma área equidistante da linha de drenagem (*buffer*) é gerada, e por meio de atributos introduzidos pelo usuário controla-se o aprofundamento e inclinação das bordas desta região, que se torna semelhante ao leito maior de um rio.

Segundo Hellweger e Maidment (1997), alguns problemas foram detectados:

- Podem ocorrer desvios na drenagem aprofundada;
- Se existir duas linhas de drenagem separadas por uma distância menor do que a definida nos atributos iniciais, o algoritmo gera um terreno entre os canais; e
- Deve-se ter atenção com as confluências, verificando possíveis inconsistências.

O *Australia National University DEM* (ANUDEM), idealizado por Hutchinson (1989), é um método que integra um algoritmo de drenagem forçada que remove falsas

<sup>2</sup>Imagem extraída do site: <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/grad/hudgens/hydrology.html>. Acesso em 01/04/2014.

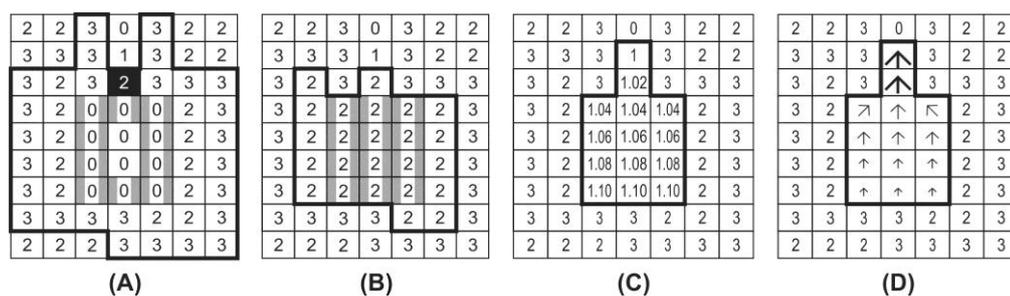
depressões utilizando uma técnica iterativa de interpolação por diferenças finitas, que foi projetado para ter a eficiência de métodos de interpolação local, como o IDW, sem perder a continuidade da superfície.

O algoritmo ANUDEM calcula a cada iteração uma grade com células menores a partir de uma grade com células maiores, até alcançar uma grade com tamanho de célula definido pelo usuário. Os valores iniciais de baixa resolução são adquiridos por meio da média das amostras fornecidas. Os valores dos pixels são atribuídos de acordo com o valor da amostra mais próxima.

O método iterativo de Gauss-Seidel é utilizado para calcular os valores dos pixels não amostrados, ou seja, entre curvas de nível (TAN e XU, 2014). Este algoritmo está implementado no programa computacional ArcGis como *topo to raster* acessado a partir da extensão *Spatial Analyst*. Uma das vantagens deste interpolador é que ele usa a informação da geomorfologia, como pontos de máximos e mínimos, para representar corretamente a drenagem conectada e a paisagem, produzindo superfícies de maior acurácia com menos dados de entrada. Entretanto, é possível utilizar pontos de altitude, curvas de nível, linhas de drenagem, falsas depressões (*sinks*) e polígonos de lagos, como informações complementares durante o processo de interpolação (ESRI, 2011).

O *Topographic Parameterization* TOPAZ (Garbrecht e Campbell, 1997), não é um programa que integra dados de hidrografia em seu processamento, porém, apresenta uma forma diferenciada de tratar as falsas depressões e áreas planas de um MDT. O algoritmo considera uma etapa de pré-processamento onde todas as falsas depressões são substituídas por áreas planas, e ainda avalia se alguma falsa depressão pode ser reduzida ou eliminada sem comprometer o sentido do fluxo. As áreas planas (Figura 6) são tratadas por aplicação de um incremento na elevação dos pixels, orientando o fluxo à jusante (MARTZ e GARBRECHT, 1998).

FIGURA 6 - Processo de tratamento de regiões com falsas depressões em áreas planas. (A) matriz com falsas depressões (B) planificação das falsas depressões (C) aplicação do gradiente de elevação (D) sentido do fluxo.



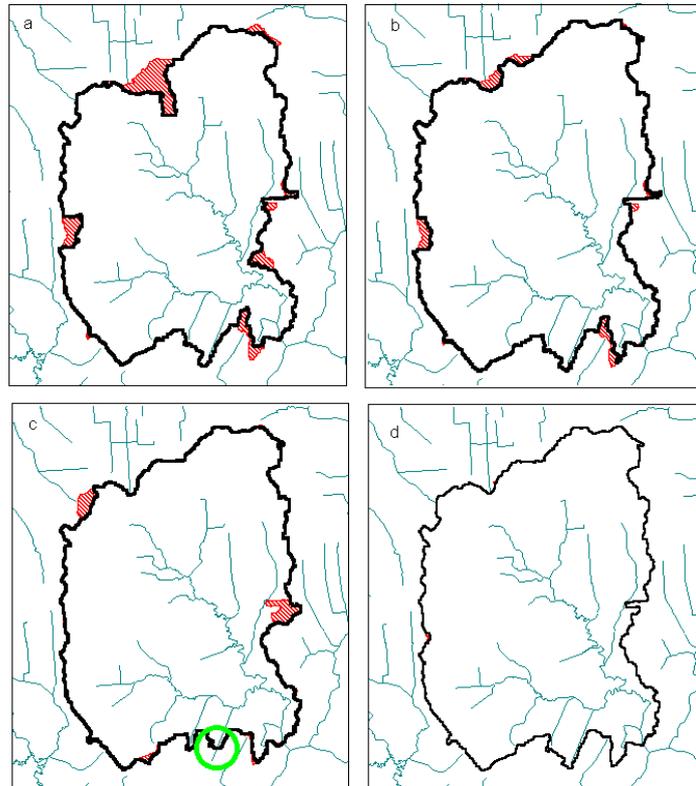
Fonte: Adaptado de Martz e Garbrecht (1998).

Devido ao surgimento de tantos métodos, alguns autores começaram a questionar qual método produz resultados mais acurados ou eficientes? Qual a influência destes métodos na delimitação automática da rede de drenagem e bacias? Existe ou não, alteração do terreno em relação ao original? Estas perguntas foram respondidas por meio de pesquisas comparativas buscando um melhor entendimento sobre o assunto.

Saunders (2000) comparou quatro métodos (Fillburn; Expocurv; Agree; Triburn) de “*Stream Burning*” com o objetivo de verificar as vantagens e desvantagens de cada algoritmo, programados em *Arc Macro Language* (AML). Todos os algoritmos, exceto o Agree têm estruturas em comum: (1) convertem a hidrografia pré-processada para o formato matricial, (2) executam um processo de afinamento da grade reduzindo os percursos de escoamento para uma largura de célula única, (3) aplicam o processo de aprofundamento da drenagem matricial na paisagem digital, (4) executam o comando *Fill* preenchendo as possíveis falsas depressões que venham a surgir, (5) e executam os comandos *Flow Direction* e *Flow Accumulation*. O diferencial está na forma como cada um aplica a técnica de integração da drenagem vetorial.

Os algoritmos foram testados em duas bacias hidrográficas de 155 e 259 km<sup>2</sup> com um MDT com células de 30 metros e drenagem vetorial extraída de base cartográfica na escala de 1:100.000. Segundo o autor, todas as técnicas foram capazes de replicar a rede de drenagem com acurácia, no entanto, foi observado um problema com o algoritmo Agree na construção completa dos canais. Na delimitação das bacias, o algoritmo Fillburn foi o que gerou maior distorção (Figura 7). O algoritmo Expocurve teve a maior eficiência devido ao menor tempo de processamento e número de falsas depressões encontradas após a sua aplicação. O mais acurado foi o Triburn, no entanto, o seu tempo de processamento foi aproximadamente 20 vezes maior em relação aos outros. Destacam-se os delineamentos das bacias em preto. As distorções estão representadas em vermelho e uma inconsistência no delineamento da rede destaca-se em verde na Figura 7c.

FIGURA 7 - Redes de drenagem e Limites de Bacias Hidrográficas, gerados por (a) Fillburn, (b) Expocurv, (c) Agree, e (d) Tribburn.



Fonte: Saunders (2000).

Callow et al. (2007) pesquisaram o impacto que diferentes métodos de correção hidrológica causam em posteriores análises que se utilizam dos atributos extraídos a partir das superfícies corrigidas. Para a realização da pesquisa foram utilizados os algoritmos *Stream Burning*, *Agree*, ANUDEM v4.6.3., também conhecido como *topo to raster* no programa computacional ArcGis e ANUDEM v.5.1, além de um MDT com células de 10 metros. Segundo os autores a preferência pela escolha destes algoritmos justifica-se pelo amplo uso na comunidade científica.

Para o método *Stream Burning* foram testados diferentes valores de profundidade (1 metro, 2 metros, 5 metros, 10 metros e 100 metros) na região equidistante (*buffer*) da linha de drenagem matricial. A partir daí, foram extraídos atributos como a rede de drenagem, contornos das bacias hidrográficas, comprimento de canais, declividade média e declividade máxima. Posteriormente, foi realizada uma comparação qualitativa e quantitativa entre os atributos gerados e os de referência.

Na delimitação da drenagem e bacia hidrográfica foi observado o pior desempenho do algoritmo *Stream Burning* com 5 metros de profundidade. Os testes com 10 e 100 metros tiveram resultados similares, mesmo com diferentes valores. O algoritmo *Agree*

teve um bom desempenho na determinação da área da bacia e comprimento de canais, enquanto que o valor de declividade média foi considerado dentro das expectativas. Entretanto, o valor de declividade máxima alterou significativamente o modo de representação da paisagem. Os algoritmos ANUDEM v4 e v5 tiveram resultados muito semelhantes e consistentes, mantendo a integridade da paisagem, sendo que o ANUDEM v4 teve maior acurácia na delimitação da área da bacia. Os autores apresentam na (Tabela 1) as diferenças entre os algoritmos pesquisados.

Para Callow et al. (2007) a correção hidrológica é um passo necessário para muitos projetos de modelagem hidrológica. Eles concordam que todos os métodos melhoraram significativamente o delineamento de bacias e a posição dos canais. No entanto, eles consideram que as alterações geradas no MDT podem limitar a modelagem de outros processos hídricos da bacia.

TABELA 1 - Estatísticas observadas pela aplicação dos métodos Stream Burning, Agree, ANUDEM v4 e ANUDEM v5.

	Hidrologicamente Corrigido	Área da Bacia (km <sup>2</sup> )	Comprimento do canal (km)	Declividade Média (%)	Declividade Máxima (%)
Resultados Esperados		69.5	34.7	2.4	16.9
DEM Original	Não	11.9 (-83%)	5.2 (-85%)	3.5 (+46%)	12.5 (-26%)
Trincheira 1 m	Não	11.9 (-83%)	5.2 (-85%)	3.6 (+50%)	12.6 (-25%)
Trincheira 2 m	Não	11.9 (-83%)	5.7 (-84%)	3.6 (+50%)	15.2 (-10%)
Trincheira 5 m	Não	11.9 (-83%)	5.7 (-84%)	3.8 (+58%)	31.8 (+88%)
Trincheira 10 m	Sim	64.5 (-7%)	<b>34.2 (-1%)</b>	2.7 (+14%)	59.7 (+253%)
Trincheira 100 m	Sim	64.5 (-7%)	34.3 (-1%)	5.2 (+117%)	562.8 (+3230%)
Agree	Sim	<b>71.6 (+3%)</b>	33.7 (-3%)	<b>2.5 (+3%)</b>	46 (+172%)
ANUDEM v4	Sim	<b>67.6 (-3%)</b>	36.3 (+5%)	2.6 (+6%)	26.6 (+57%)
ANUDEM v5	Sim	64.5 (-7%)	36.9 (+6%)	2.6 (+9%)	<b>23.15 (+37%)</b>

Os melhores resultados do método para cada parâmetro estão identificados em negrito.

Fonte: Traduzido de Callow et al. (2007).

Mais recentemente Chow (2010) buscou responder a duas questões com seu trabalho:

- Quais são os impactos das técnicas de correção hidrológica no leito do rio (elevação, declividade, volume)?

- Quão efetivo é o algoritmo de drenagem forçada na propagação da água através de várias feições de drenagem e no delineamento de bacias?

Para responder a estas questões ele utilizou um MDT LIDAR com célula de 3 metros, uma Ortofoto para mapear as feições hidrológicas, técnicas de correção hidrológica, tais como: preenchimento de falsas depressões; *Stream Burning*; acondicionamento de superfície; interpolação de superfície com aprimoramento do recurso e método de

alinhamento de feições. Foram escolhidas quatro áreas para a pesquisa caracterizadas por diversas feições de drenagem e estruturas urbanas tais como lagos, rios, barragens, diques, pontes e cruzamentos de estradas.

A primeira questão foi respondida em três etapas: o impacto sobre a elevação foi analisado pelo cálculo dos resíduos entre as superfícies hidrologicamente corrigidas e a original. Para avaliar a magnitude das diferenças na declividade, foram calculadas as estatísticas de mínima, média e máxima. O cálculo do volume foi realizado por meio da multiplicação dos resíduos pela área do pixel para cada método de drenagem forçada.

Chow (2010) responde a segunda questão utilizando um MDT original com preenchimento padrão de falsas depressões como referência, para avaliar as diferenças significativas na direção do fluxo e área da bacia determinadas pelos algoritmos de drenagem forçada.

O autor verificou como resultado, após realizar as comparações, que todos os métodos de drenagem forçada melhoraram a determinação da direção de fluxo conforme as características hidrográficas. No entanto, todos os métodos, exceto o de alinhamento de feições, alteraram permanentemente a elevação e o volume do terreno. Os métodos de alinhamento de feições (Kenny e Matthews, 2005) apresentaram resultados superiores, preservando a elevação original.

Como conclusão, existe um consenso por parte dos pesquisadores sobre a importância do reconhecimento da magnitude e padrão espacial de modificação da paisagem (CHOW, 2010; CALLOW et al., 2007). Métodos como o *Agree* podem gerar resultados coerentes com a realidade, desde que se façam sucessivos testes buscando um conjunto de atributos que melhor representem a paisagem local. O idealizador deste algoritmo (Hellweger e Maidment, 1997) disponibilizou na internet<sup>3</sup> uma interface, desenvolvida em linguagem de programação Java, onde os pesquisadores podem fazer simulações buscando um conjunto de atributos que sejam coerentes com a realidade.

Por outro lado, pesquisas realizadas no Brasil e em outros países (Chaves, 2002; Pires et al., 2005; Moreira, 2006; Fernandes e Menezes, 2009; Tan e Xu, 2014) consideram o algoritmo ANUDEM como sendo o mais adequado na geração de feições hidrológicas, com a preservação da integridade da paisagem.

Segundo os autores isto é possível pelo fato do algoritmo gerar uma superfície livre de imperfeições ou “falsas depressões”, desobstruir canais digitais com a opção de

---

<sup>3</sup><http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/ferdi/research/agree/agree.html>

determinar espacialmente os lagos e, ainda sim manter a integridade da superfície, ou seja, praticamente não há mudanças significativas na declividade do terreno. Estas opções tornam o algoritmo ANUDEM mais robusto em relação aos outros e conseqüentemente produz resultados mais fidedignos ao terreno.

## 2.3 CHUVAS INTENSAS

Geralmente, em estudos de drenagem urbana no Brasil os registros fluviométricos em cursos d'água de pequeno porte são escassos. Devido a isto, utilizam-se modelos matemáticos que transformam os dados de chuva em vazão. Estes dados podem ser coletados de postos pluviográficos e pluviométricos (FUGITA et al., 1979). O entendimento sobre a distribuição espacial, intensidade, duração e frequência das chuvas, é de grande relevância para o dimensionamento de obras hidráulicas (VILLELA & MATTOS, 1975).

### 2.3.1 Relação Intensidade, Duração e Frequência

Em locais em que não se dispõe de dados fluviométricos, é necessário utilizar dados de chuva transformando-os posteriormente em vazão, por meio de modelos matemáticos especificamente elaborados para este fim. Uma das informações utilizadas pelos modelos são as curvas de intensidade, duração e frequência (i-d-f), e, portanto essenciais, principalmente em projetos de obras hidráulicas tais como vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, e projetos agrícolas (DAMÉ et al., 2008; MESQUITA et al., 2009).

As relações i-d-f são constituídas por observações em séries históricas suficientemente representativas de eventos extremos em uma região por meio de hidrogramas. Conforme o objetivo do estudo e disponibilidade do dado escolhe-se o tipo de série, anual ou parcial. As séries parciais são utilizadas, geralmente, quando a quantidade de dados é inferior a 12 anos, enquanto que nas séries anuais, são selecionadas as maiores intensidades de precipitações anuais para determinadas durações. Estas séries são ajustadas a uma distribuição estatística de probabilidade, como por exemplo, a de Gumbell (TUCCI, 1993).

A sequência para construção das curvas i-d-f é descrita por Tucci (1993), como segue:

- a) Para cada duração são obtidas as precipitações máximas anuais com base nos dados do pluviógrafo;
- b) Para cada duração mencionada é ajustada uma distribuição estatística;
- c) Dividindo a precipitação pela sua duração obtém-se a intensidade; e
- d) As curvas resultantes são a relação i-d-f.

Segundo Villela e Mattos (1975), pode-se representar as curvas i-d-f por meio de equações (Equação 4.6) do tipo:

$$i = \frac{KT^a}{(t + b)^c} \quad (4.6)$$

Em que:

i é a intensidade máxima média de chuva, (em mm/h<sup>-1</sup>);

T é o período de retorno (em anos);<sup>4</sup>

t é a duração da chuva (em minutos); e

K, a, b, c são parâmetros empíricos que dependem da estação pluviográfica.

Deste formato geral, originaram as equações de chuva para diversas cidades Brasileiras. Pfafstetter publicou em 1957, um estudo pioneiro denominado “Chuvas Intensas no Brasil”, visando à construção de curvas i-d-f para 98 postos pluviográficos em diversas regiões do país. A partir daí, novos estudos em escala regional foram realizados pelo Brasil. Dentre estes, citam-se Genovez e Zuffo (2000) em São Paulo; Silva et al. (2002) na Bahia; Silva et al. (2003) no Tocantins; Longo et al. (2006) no Paraná; Aragão et al. (2013) em Sergipe; Silva et al. (2009) em Pernambuco.

Em Goiás, Costa e Prado (2003), juntamente com uma equipe de pesquisadores, realizaram um amplo trabalho de interpretação de hidrogramas e montagem de equações para todo estado de Goiás e sul de Tocantins. As 126 equações resultantes da pesquisa foram baseadas em registros pluviográficos, na escala de tempo entre 5 e 1440 minutos, e período de retorno (T) entre 1 e 100 anos (COSTA et al., 2007). As intensidades (i) das Equações 4.7 e 4.8 estão em função dos tempos de concentração (t) e retorno (T), os índices ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , B1, B2, b, c) que a compõem são valores tabelados de acordo com a região.

---

<sup>4</sup> Período de retorno (T) é o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.

$$i = \frac{B1 * (T^{\alpha + \frac{\beta}{T^{\gamma}}})^{\delta}}{(t+c)^b} \quad \text{válida para } 1 \text{ ano} \leq T \leq 8 \text{ anos} \quad (4.7)$$

$$i = \frac{B2 * T^{\alpha}}{(t+c)^b} \quad \text{válida para } 8 \text{ anos} \leq T \leq 100 \text{ anos} \quad (4.8)$$

Em que:

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  são parâmetros regionais constantes e que dependem apenas do período de retorno;

$B1$ ,  $B2$ ,  $b$ ,  $c$  são parâmetros que descrevem características locais;

$i$  é a intensidade máxima de chuva (mm/min);

$t$  é a duração (min); e

$T$  é o período de retorno (ano);

Para a cidade de Goiânia, encontram-se os seguintes valores:

$\alpha = 0,14710$ ;  $\beta = 0,22$ ;  $\gamma = 0,09$ ;  $\delta = 0,62740$

$b = 0,974711$ ;  $c = 24,8$ ;  $B1 = 56,7928$ ;  $B2 = 64,3044$

Geralmente, em regiões com ausência de dados pluviográficos, que é a situação mais encontrada no Brasil, utiliza-se o método das relações ou desagregação de chuvas de 1 dia (FUGITA et al., 1979). Neste método, as chuvas de 1 dia (observadas em pluviômetros) são convertidas para chuvas de 24 horas (observadas em pluviógrafos) por meio de coeficientes (Tabela 2).

TABELA 2 - Relações entre chuvas de 1 dia e 24 horas, para diferentes durações e tempos de retorno.

DURAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	25	50	75	100
1 dia	83,0	93,8	108,0	118,0	125,6	128,0
2 dias	105,9	118,5	135,0	147,6	155,4	159,2
Média de 1 e 2 dias	94,4	106,1	121,1	133,3	140,5	144,0
24 horas	93,5	106,1	122,7	135,7	143,2	147,1
Erro relativo (%)	0,96	0,00	0,98	1,56	1,89	2,10

OBS.: Com base nos dados acima pode-se obter a seguinte relação:

	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	25	50	75	100
Relação entre alturas pluviométricas das chuvas máximas de 24 h e de 1 dia	1,13	1,13	1,14	1,15	1,14	1,15

Fonte: Fugita et al. (1979).

Alguns trabalhos (Silveira, 2000; Damé et al., 2008) avaliaram as discrepâncias entre os valores de intensidades máximas obtidas a partir de pluviogramas e por desagregação de chuva diária. A conclusão é que o método das relações proposto em Fugita et al. (1979) é o que melhor representou a amostra de dados nas localidades em que foi testado, sendo, portanto, o recomendado pelos autores para desagregar a precipitação diária.

Como comentado anteriormente, na prática, existem poucos dados de estações pluviométricas disponíveis. Os dados mais encontrados são de pluviômetros. Neste caso, a vazão de projeto, essencial para o dimensionamento de obras hidráulicas é estimada de forma indireta a partir da chuva de projeto ou hietograma de projeto. Existem diferentes métodos para a construção destes hietogramas, que serão discutidos no tópico seguinte.

### 2.3.2 Hietograma de Projeto

Em geral, a distribuição temporal da chuva é definida com base em análises de registros pluviográficos, quando disponíveis, ou por métodos que utilizam as relações i-d-f. A representação das intensidades de chuva em relação ao tempo para uma determinada bacia de contribuição é feita pelo hietograma de projeto (COSTA et al., 2007).

Um dos métodos mais usuais para construí-lo, é o método dos blocos alternados, que consiste em três etapas:

- 1) Discretizar o tempo de concentração em intervalos de tempo iguais e para cada intervalo calcular a precipitação correspondente através das equações i-d-f;
- 2) Determinar os incrementos de chuva correspondentes a cada incremento de duração; e
- 3) Rearranjar os incrementos da chuva pelo seguinte ordenamento: 6-4-3-1-2-5. Sendo a maior altura precipitada representada pelo bloco 1 e a menor pelo bloco 6.

Havendo mais blocos para serem ordenados, continua-se a sequência mantendo os pares a esquerda e os ímpares à direita. O método não altera a precipitação total, apenas distribui a chuva sem descontar as perdas (COSTA et al., 2007).

## 2.4 HIDROGRAMA DE PROJETO

A distribuição da vazão ao longo do tempo é representada por um gráfico denominado hidrograma ou hidrógrafa. A diferença entre o hidrograma comum e o de projeto, é que o hidrograma de projeto representa a vazão máxima provável para uma determinada bacia de contribuição, e geralmente, está associado à probabilidade de ocorrência de um determinado evento.

Este conceito é muito utilizado e, extremamente importante no dimensionamento de obras hidráulicas (barragens, canais, drenagem urbana), pois estas devem resistir à magnitude da cheia prevista. Na sequência, serão abordados os temas necessários para construção do hidrograma de projeto.

### 2.4.1 Tempo de Concentração

O tempo de concentração ( $t_c$ ) pode ser compreendido como o tempo necessário para que uma gota precipitada na cabeceira de uma bacia hidrográfica chegue ao exutório ou secção de interesse, ou seja, é o tempo para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial em uma determinada secção (VILLELA e MATTOS, 1975).

Diversas equações empíricas foram formuladas para o cálculo deste tempo. Entretanto, existem incertezas sobre o desempenho absoluto e a forma correta de aplicá-las (SILVEIRA, 2005). Nota-se, pela dificuldade de acesso às referências primárias das

equações do tempo de concentração, que há uma tendência em citar a citação sem verificar a fonte primária (MOTA, 2012), e isto pode gerar interpretações errôneas.

Um exemplo disto são as variações da equação de Kirpich (1940) encontradas na literatura científica. Mota (2012) demonstra que Kirpich não apresentou de forma explícita a equação no seu artigo publicado em 1940. Ao invés disso, foram expostos dados e figuras que mostram o bom ajuste do tempo de concentração. Portanto, a autora alertou para a importância da consulta direta na fonte. Após utilizar os valores das tabelas apresentadas por Kirpich a autora chegou à seguinte Equação 4.9:

$$t_c = 3,7180 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0,80} \quad (4.9)$$

Em que:

$t_c$  é o tempo de concentração (em horas);

$L$  é o comprimento da bacia em linha reta (em km); e

$S$  é o desnível entre o exutório e o divisor de águas da bacia dividido pelo comprimento, em (m/m).

Silveira (2005) avaliou o desempenho de 23 equações de tempo de concentração para bacias rurais e urbanas. Para isto, o autor utilizou dois conjuntos de dados, o primeiro, contendo atributos de 29 bacias rurais como área, comprimento, declividade média, tempo de concentração. O segundo, com 32 bacias urbanas, contendo os mesmos atributos do primeiro, acrescido da porcentagem de área impermeável. Em relação ao tamanho das áreas, os arquivos testes apresentaram uma amplitude de 0,1 a 12.000 km<sup>2</sup>.

A avaliação das equações foi feita por meio do erro médio e erro padrão. Foram estabelecidos como limiar de qualidade, erros padrões menores ou iguais a 30%. Após a aplicação do método, foram encontrados resultados de grande relevância, como por exemplo, baixos erros padrões para aplicação de equações rurais (Kirpich) em bacias urbanas. Por outro lado, verificou-se que algumas equações (Schaake, Carter e Desbordes) com baixos erros padrões, eram na verdade, apropriadas para áreas muito aquém do recomendado. Por fim, o autor gerou a Tabela 3 contendo as equações mais recomendadas com seus respectivos erros e tamanho de áreas para aplicação.

TABELA 3 - Recomendações de uso para equações do tempo de concentração em bacias urbanas e rurais.

Fórmulas	Ordem	Bacias rurais			Bacias urbanas		
		Áreas (km <sup>2</sup> )	EM%	EP %	Áreas (ha)	EM %	EP %
Corps E.	1R	<12000	9	21			
V. Chow	2R	<12000	-7	19			
Onda Cin.	3R	<12000	2	20			
Kirpich	4R, 3U	<12000	-9	19	<2700	1	39
Carter	1U				<1100	1	40
Schaake	2U				<62	-9	30
Desbordes	4U				<5100	11	49

Fonte: Silveira (2005)

É perceptível a dificuldade de encontrar equações que sejam aplicáveis a áreas de médio e grande porte urbanizadas. A maioria das equações apresentadas na literatura científica refere-se a áreas rurais ou áreas urbanas muito pequenas. Além de terem sido projetadas para bacias com características diferentes das brasileiras.

Para bacias maiores que 8 km<sup>2</sup> o *Soil Conservation Service* (SCS) dos EUA, sugere que o tempo de concentração seja calculado pelo método cinemático. Alguns autores (SCS, 1986; Walesh, 1989; Porto, 1995) o consideram como o mais correto, do ponto de vista teórico.

O objetivo do método é dividir a bacia em trechos semelhantes e calcular a velocidade do escoamento em cada um. A soma de todas as velocidades no percurso do talvegue principal será o tempo de concentração (Equação 4.10).

$$tc = \left( \frac{1000}{60} \right) * \sum \frac{Li}{Vi} \quad (4.10)$$

Em que:

tc é o tempo de concentração (em minutos);

Li é o comprimento de cada trecho (em metros); e

Vi é a velocidade de escoamento (Tabela 4) de cada trecho i (em m/s).

TABELA 4 - Velocidades em (m/s) de escoamento em canais e superfícies, conforme a declividade.

Escoamento	Cobertura	Declividade (%)			
		0 -3	4 -7	8 -11	>12
Sobre a superfície do terreno	Florestas	0 -0,5	0,5 -0,8	0,8 -1,0	>1,0
	Pastos	0 -0,8	0,8 -1,1	1,1 -1,3	>1,3
	Áreas cultivadas	0 -0,9	0,9 -1,4	1,4 -1,7	>1,7
	Pavimentos	0 -2,6	2,6 -4,0	4,0 -5,2	>5,2
Em canais	Mal definidos	0 -0,6	0,6 -1,2	1,2 -2,1	>2 ,1
	Bem definidos	Equação de Manning			

Fonte: Porto (1995).

Outra forma de calcular a velocidade de escoamento ( $V_i$ ) no trecho “i”, quando as superfícies ou calhas são rasas, é utilizar a Equação (4.11).

$$V_i = C_v * S_i \quad (4.11)$$

Em que:

$S_i$  é a declividade média do trecho (em porcentagem); e

$C_v$  é o coeficiente de escoamento em superfícies e calhas (Tabela 5).

TABELA 5 - Coeficiente de Escoamento em Superfícies e Calhas Rasas ( $C_v$ )

Ocupação do Solo	$C_v$
Florestas densas	0,075
Campos naturais pouco cultivados	0,135
Gramas ou pastos ralos	0,210
Solos quase nus	0,300
Canais gramados	0,450
Escoamento em lâmina sobre pavimentos ou em sarjetas e calhas rasas	0,600

Fonte: Tucci (1993)

O tempo de concentração é uma importante característica da bacia. Nota-se que o seu cálculo não pode ser considerado uma tarefa trivial. E o máximo de critério deve ser tomado a fim de reduzir as incertezas de outras características da bacia, como o hidrograma unitário sintético, que é gerado com base nesta informação.

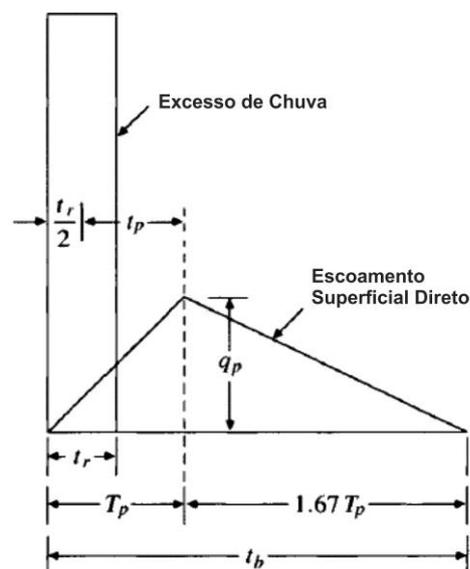
### 2.4.2 Hidrograma Unitário Sintético Triangular e Curvilíneo do SCS

Segundo Chow et al. (1988), o conceito de hidrógrafa unitária foi proposto originalmente por Sherman em 1932, que a definiu como sendo “a hidrógrafa de escoamento superficial direto, resultante de 1 cm de excesso de chuva gerado uniformemente sobre a área de drenagem a uma taxa constante durante um período efetivo”. Sherman apud Chow et al. (1988) reitera que a hidrógrafa unitária seja aplicada somente para o escoamento superficial.

O conceito de hidrógrafa unitária pode ser aplicado desde que se tenham dados de chuva e vazão. Caso não seja possível a obtenção destes dados, pode-se estimar a resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica por meio de um hidrograma unitário sintético, que utiliza apenas as características físicas para estimar o tempo e a vazão de pico de uma bacia.

Victor Mockus em 1964 desenvolveu um método para obter o hidrograma unitário sintético a partir de um hidrograma adimensional. Este último é resultado de um estudo do *Soil Conservation Service* (SCS) envolvendo diversas bacias hidrográficas nos Estados Unidos (GENOVEZ, 1991). O hidrograma unitário adimensional tem uma forma mais suave e pode ser aproximado por um triângulo (Figura 8) de características semelhantes.

FIGURA 8 - Dimensionamento hidrograma unitário sintético triangular.



Fonte: SCS (1972).

Após a realização de estudos envolvendo diversas bacias rurais de pequeno e grande porte, foi constatado pelo *Soil Conservation Service* (SCS) que:

- O tempo de atraso ( $t_p$ ) da bacia é dado por  $0,6 * T_c$ , em que  $T_c$  é o tempo de concentração.
- O tempo de pico ( $T_p$ ) (Equação 4.12) pode ser expresso pelo tempo de atraso ( $t_p$ ) e duração efetiva da chuva ( $t_r$ ).

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (4.12)$$

A vazão de pico é dada pela Equação 4.13:

$$q_p = \frac{C A}{T_p} \quad (4.13)$$

Em que:

$C$  é um valor constante igual a 2,08;

$T_p$  é o tempo de pico; e

$A$  = área da bacia em  $\text{km}^2$ .

O tempo de base ( $t_b$ ) é igual a  $1,67 * T_p + T_p$ .

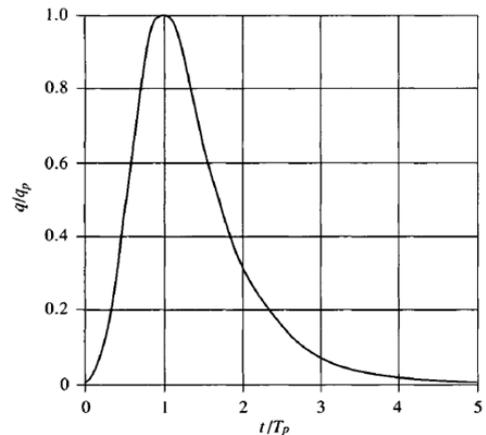
Com a estimativa do tempo e vazão de pico, assim como o tempo de base, tem-se a hidrógrafa unitária triangular (HUT). McCuen (1989) comentou que o uso da HUT é bastante útil como ferramenta didática, porém é preferível em projetos, que se utilize a hidrógrafa unitária curvilínea (HUC). O autor explica que a HUT tende a subestimar o resultado da vazão de pico quando comparado com a HUC no processo de convolução, com o mesmo hietograma de chuva excedente.

O HUC (Figura 9b) é obtido pelo produto entre o tempo de pico ( $T_p$ ) Equação 4.12 e os valores da coluna  $t/T_p$  da Figura 9a. De modo similar, calcula-se o produto entre a vazão pico ( $q_p$ ) da Equação 4.13 e os valores da coluna  $q/q_p$  da Figura 9a.

FIGURA 9 - Hidrograma adimensional do SCS (a) utilizado no dimensionamento do hidrograma unitário sintético curvilíneo (b).

t(min) col. 1	t/tp col. 2	q/qp col. 3	Q col. 4	t(min) col.1	t/tp col. 2	q/qp col. 3	q col. 4
0	0	0,000	0	65	2,60	0,107	1,6
5	0,20	0,100	1,5	70	2,80	0,077	1,2
10	0,40	0,310	4,6	75	3,00	0,055	0,8
15	0,60	0,660	9,9	80	3,20	0,040	0,6
20	0,80	0,930	13,9	85	3,40	0,029	0,4
25	1,00	1,000	15,0	90	3,60	0,021	0,3
30	1,20	0,930	13,9	95	3,80	0,015	0,2
35	1,40	0,780	11,7	100	4,00	0,011	0,2
40	1,60	0,560	8,4	105	4,20	0,009	0,1
45	1,80	0,390	5,8	110	4,40	0,006	0,1
50	2,00	0,280	4,2	115	4,60	0,004	0,1
55	2,20	0,207	3,1	120	4,80	0,002	0,0
60	2,40	0,147	2,2	-	-	-	-

(a)



(b)

Fonte: (a) Costa et al. (2007), (b) SCS (1972).

Tucci (2002) considera as seguintes limitações para o método:

- (a) Representação linear do escoamento superficial que tem um comportamento não-linear;
- (b) Distribuição uniforme da precipitação dentro do intervalo de tempo;
- (c) Distribuição espacial uniforme da precipitação; e
- (d) Erros nos métodos de separação do escoamento superficial e subterrâneo geram valores hidrológicos para a determinação do HU.

O HUC e o hidrograma de chuva excedente podem ser utilizados no processo de convolução para gerar o hidrograma de projeto. A chuva excedente calculada pelo método SCS utiliza o parâmetro número da curva (CN), que é um fator determinante no aumento ou redução do pico do hidrograma de projeto. Dada a sua importância, tem-se no próximo tópico uma discussão sobre o assunto antes do processo de geração do hidrograma de projeto.

### 2.4.3 Número da Curva (CN)

Os principais fatores que definem o CN são o grupo hidrológico de solos, tipo de cobertura da superfície e condições de umidade antecedente. Outro fator que deve ser levado em consideração é o conhecimento das áreas impermeáveis diretamente conectadas ao sistema

de drenagem, e das áreas permeáveis, que desviam parte do escoamento superficial por infiltração (SCS, 1986).

As características dos grupos hidrológicos de solos segundo (SCS, 1986) são as seguintes:

**Grupo A** - têm baixo potencial de escoamento superficial e altas taxas de infiltração, mesmo quando completamente úmido. Eles consistem principalmente de solos profundos, de areia ou cascalho. Taxa de infiltração  $> 7,62$  mm/h.

**Grupo B** - têm taxas de infiltração medianas quando completamente úmidos e consistem principalmente de solos moderadamente profundos a profundos. São solos que variam de moderadamente bem para bem drenados. Taxa de infiltração entre 3,81 a 7,62 mm/h.

**Grupo C** - têm baixas taxas de infiltração quando completamente úmidos e consistem principalmente de solos com uma camada que impede o movimento de percolação da água, com textura moderadamente fina a fina. Taxa de infiltração entre 1,27 a 0,38 mm/h.

**Grupo D** - têm alto potencial de escoamento. Eles têm taxas de infiltração muito baixas quando completamente úmidos e consistem principalmente de solos argilosos com elevado potencial de expansão e lençol freático permanentemente alto, com uma camada de argila próxima da superfície. São solos rasos com material quase impermeável. Taxa de infiltração entre 0 a 1,27 mm/h.

As condições de umidade antecedente (AMC) dos últimos 5 dias de precipitação (Tabela 6) em relação ao período latente e de crescimento da vegetação respectivamente, são descritas por McCuen (1989) como:

TABELA 6 - Condições de umidade antecedente dos últimos 5 dias.

<b>Condição de Umidade</b>	<b>Período Latente (mm)</b>	<b>Período de Crescimento da Vegetação (mm)</b>
AMC I	$< 12,7$	$< 35,56$
AMC II	12,7 a 27,94	35,56 a 53,34
AMC III	$> 27,94$	53,34

Fonte: McCuen (1989)

Os valores de CN encontrados na tabela proposta pelo SCS referem-se à condição AMC II, considerada normal, havendo a necessidade de encontrar valores de CN para outras condições de umidade I ou III, pode-se usar as equações descritas em Chow et al. (1988):

$$CN(I) = \frac{4,2 * CN(II)}{10 - 0,058 * CN(II)} \quad (4.14)$$

e

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0,13 * CN(II)} \quad (4.15)$$

O conceito de áreas impermeáveis diretamente conectadas (AIDC) está relacionado às áreas que recebem o escoamento gerado por uma determinada precipitação, e o direciona para o sistema de drenagem sem perdas por infiltração. O mesmo é válido para as áreas permeáveis totalmente saturadas. As áreas impermeáveis não conectadas (AINC) representam a parcela que recebe o escoamento superficial e o distribui para áreas permeáveis possibilitando perdas por infiltração (GAROTTI e BARBASSA, 2010).

Os valores tabelados de CN (Tabela 7) foram originalmente desenvolvidos, relacionando o uso e o tipo de solos para porcentagens de áreas impermeáveis específicas. Dentre as premissas que permitiram a obtenção destes valores estão (a) áreas urbanas permeáveis são equivalentes a pastagens em boas condições hidrológicas e (b) áreas impermeáveis tem um CN de valor 98 e são consideradas diretamente conectadas ao sistema de drenagem (SCS, 1986).

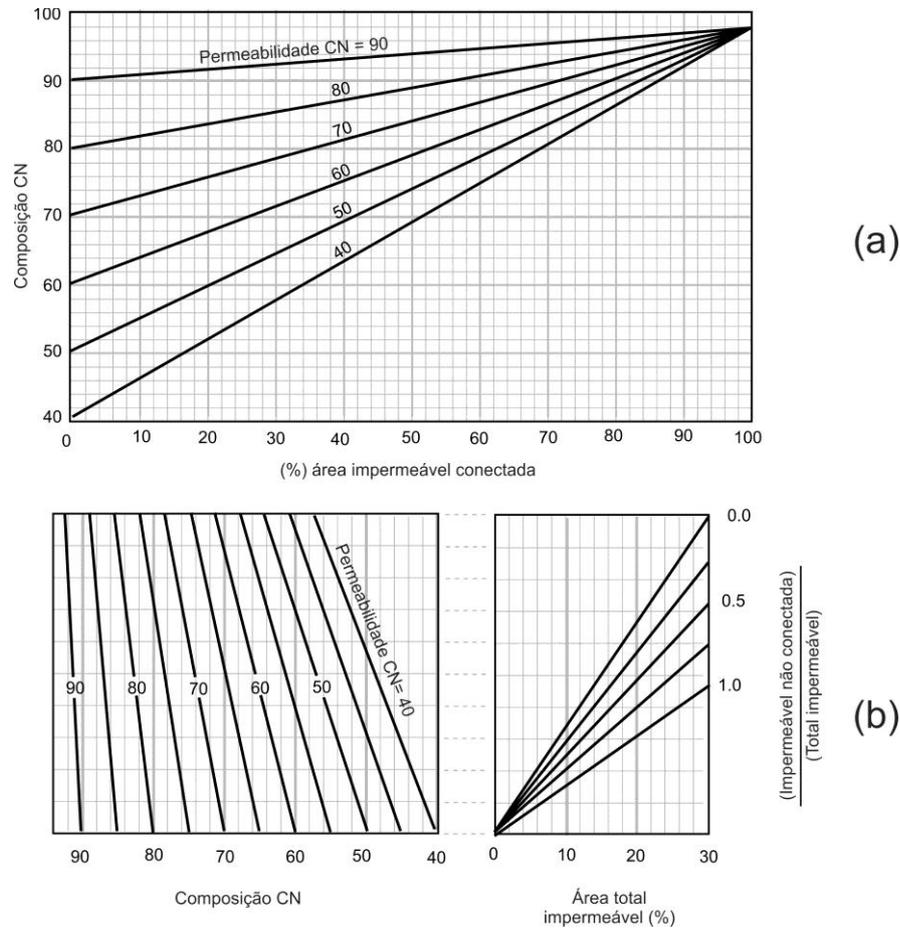
TABELA 7 - Valores do numero da curva para bacias hidrográficas urbanas.

Utilização ou cobertura do solo	Grupo de solos			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas com cobertura ruim	45	66	77	83
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições				
Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
Zonas industriais	81	88	91	93
Zonas residenciais				
Lotes de (m <sup>2</sup> )	% média impermeável			
<500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

Fonte: Tucci (1993)

Este é o método tradicional para o cálculo do valor CN, e está baseado em estudos regionais. No entanto, diferentes valores de porcentagens podem ser encontrados, o que configura uma limitação na aplicação da Tabela 7. Neste sentido, foi proposto pelo *Soil Conservation Service (SCS)* um método gráfico (Figura 10) para determinar o CN conhecendo-se a porcentagem de área impermeável diretamente conectada (AIDC).

FIGURA 10 - Composição do CN com áreas impermeáveis diretamente conectadas. (a) porcentagens maiores ou iguais a 30. (b) porcentagens menores que 30.



Fonte: SCS (1986)

Conhecendo-se a porcentagem de área diretamente conectada, pode-se calcular um valor de CN que mais se aproxime da realidade do local, utilizando os gráficos da Figura 10. A estimativa de AIDC tem sido alvo de diversos estudos (BOYD et al., 1994; BARBASSA e CAMPOS 2010; GAROTTI e BARBASSA, 2010; FARIA, 2013).

Boyd et al. (1994) pesquisaram a relação entre chuvas e escoamento superficial em áreas diretamente conectadas de 3 bacias hidrográficas urbanas na Austrália. Eles identificaram diferentes mecanismos de escoamento superficial: escoamento superficial gerado em superfícies impermeáveis diretamente conectadas; escoamento superficial gerado em áreas permeáveis com pequena capacidade de armazenamento, durante longos e curtos períodos de chuva intensa; escoamento superficial de áreas permeáveis de grande capacidade de armazenamento para longos períodos de chuva intensa. Eles concluíram que a fração encontrada de AIDC foi próxima da fração impermeável mapeada.

Garotti e Barbassa (2010) caracterizaram o uso e ocupação do solo com análise detalhada da impermeabilidade urbana e conectividade hidráulica dos lotes. Para isto, eles utilizaram dados cadastrais da prefeitura de Ribeirão Preto, e com estes dados definiram uma amostra de 198 lotes por meio de estatística, de onde se analisou a conectividade hidráulica da amostra. A partir daí foi extraído um coeficiente de escoamento superficial (C) que foi posteriormente utilizado na estimativa de picos de vazão com o método racional. Foi detectado pelos autores que a impermeabilização aumenta quando a área dos lotes reduz. Eles recomendam ainda, que o C das AIDC seja estimado a partir da área do lote ou pesquisa de campo.

Barbassa e Campos (2010) pesquisaram a relação entre as áreas impermeáveis diretamente conectadas e o comportamento hidrológico da bacia. Eles utilizaram 15 eventos de precipitação para analisar a relação entre precipitação efetiva e total em lotes urbanos com 360 m<sup>2</sup>, um lote com 75% de ocupação e outro sem impermeabilizações foram utilizados como teste. Eles perceberam um ajuste de 0,89 para o coeficiente de determinação relacionado às alturas escoadas e precipitadas do lote com 75% de ocupação, e verificaram que é possível determinar as AIDC a partir de dados hidrológicos medidos.

Neste tópico foi possível perceber a importância na determinação da parcela de área impermeável que está diretamente conectada ao sistema, por meio do impacto gerado nas análises hidrológicas. O CN é um parâmetro muito sensível, e pequenas alterações em seu valor, geram aumentos consideráveis nos hidrogramas analisados.

#### **2.4.4 Obtenção do Hidrograma de Projeto por meio da Convolução de Hidrogramas Unitários**

O hidrograma de projeto é a informação necessária para o dimensionamento de obras de drenagem urbana. Ele fornece a vazão máxima e volume para uma determinada bacia de contribuição. Para construção do hidrograma de projeto devem-se calcular as relações de  $T/t_p$  e  $q/q_p$  explicadas no tópico 4.4.2 e a precipitação efetiva, o somatório do produto destas informações, para cada intervalo de tempo, compõe o hidrograma de projeto.

A precipitação efetiva é a parcela do total precipitado que escoar superficialmente. Um dos modelos mais difundidos no meio científico devido à sua praticidade, facilidade de

aplicação e qualidade dos resultados é o *Soil Conservation Service* (SCS). O modelo parte da seguinte hipótese:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \quad (4.16)$$

Partindo do princípio da continuidade tem-se que:

$$P = Pe + Ia + Fa \quad (4.17)$$

Combinando as duas equações e isolando  $Pe$  tem-se:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)} \quad (4.18)$$

Após o estudo de diversas bacias o SCS sugeriu que a infiltração inicial ( $Ia$ ) correspondesse a  $0,2 \cdot S$ , onde  $S$  é dado pela Equação 4.19 e o valor de  $CN$  é extraído de tabelas já comentadas anteriormente.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (4.19)$$

Em que:

$P$  é a pluviometria total (mm);

$Pe$  é a pluviometria excedente (mm);

$Ia$  é a infiltração inicial;

$Fa$  é a infiltração após início do escoamento superficial direto; e

$S$  é a infiltração potencial máxima (mm).

Com esse conjunto de equações e um hietograma de chuva total, determinado por métodos de distribuição temporal de chuva, calcula-se a precipitação efetiva. Segundo o próprio SCS, o modelo tem algumas limitações que devem ser levadas em consideração ao utilizá-lo. Tomaz (2002) as descreve como:

- O número da curva CN descreve uma situação média e útil em determinados projetos;
- Usar o número da curva CN sempre com precaução, pois a equação não contém o parâmetro do tempo e não leva em consideração a duração da chuva ou a intensidade da mesma;
- Deve ser entendido que a aproximação da abstração inicial  $I_a$  consiste na interceptação inicial, infiltração, armazenamento na superfície, evapotranspiração e outros fatores e que foi obtido em dados em bacias de áreas agrícolas. Esta aproximação pode ser especialmente importante em aplicações urbanas devido à combinação de áreas impermeáveis com áreas permeáveis que podem implicar numa significativa aumento ou diminuição de perda de água que pode não ser considerada;
- O número CN não é preciso quando o *runoff* é menor que 12,7mm;
- Quando o número CN composto achado for menor que 40 use outro procedimento para determinar o *runoff*.

Levando em consideração os limites do método, é possível gerar o hidrograma de projeto pela seguinte sequência:

- a) Determina-se o tempo de concentração da bacia pelos métodos especificados no item 4.4.1. Calcula-se a chuva de projeto com duração igual ao tempo de concentração por meio de equações de Intensidade-Duração-Frequência citadas no item 4.3.1;
- b) Calcula-se o hietograma de precipitação efetiva, pelos métodos citados no item 4.3.2. Determina-se as características de tempo de pico ( $T_p$ ), tempo de base ( $t_b$ ) e vazão de pico ( $q_p$ ) do hidrograma unitário sintético triangular (HUT), e a partir destas, calcula-se o hidrograma unitário sintético curvilíneo;
- c) Determina-se o valor de CN por meio das premissas citadas no item 4.4.3 e juntamente com o hietograma de chuva total, obtém-se o hietograma de chuva efetiva;
- d) O produto das ordenadas do hidrograma unitário sintético curvilíneo pela precipitação efetiva gera um hidrograma unitário para cada intervalo de duração da chuva. O somatório destes hidrogramas forma o hidrograma de projeto.

#### 2.4.5 Testes Estatísticos não Paramétricos

Os testes de hipótese têm por objetivo subsidiar decisões com base em evidências fornecidas por dados amostrais, eles podem ser paramétricos e não paramétricos. Para que um teste seja paramétrico, ele deve satisfazer duas condições: o teste incide explicitamente sobre a média, valor esperado ou variância de um parâmetro de um ou mais conjuntos amostrais; ele considera que as amostras foram retiradas de um conjunto amostral que se distribui segundo uma função de probabilidade normal e, que as variâncias das amostras são homogêneas (NIKULIN et al., 2011).

Todavia, se por algum motivo, não for possível atender a alguma destas premissas, então o rigor estatístico dos testes paramétricos será comprometido, e sua aplicação não será recomendada. Neste caso, é possível utilizar os métodos não paramétricos, pelo fato dos mesmos serem flexíveis em relação à distribuição de probabilidade das amostras. Entretanto, é válido destacar que, em situações onde os métodos paramétricos são aplicáveis, não se deve substituí-los pelos métodos não paramétricos, pois eles têm menor potência estatística nestes casos (SPRENT & SMEETON, 2007).

Existem diversos métodos não paramétricos, entretanto, a maioria destina-se a conjuntos amostrais que são independentes, ou seja, onde não existe nenhuma relação da amostra de uma população com a de outra população, alguns mais usados são: Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney Amostras Independentes; Teste de Kruskal-Wallis ou Teste de Friedman.

As amostras dependentes geralmente se caracterizam por experimentos do tipo “antes/depois”, estes dados são também conhecidos como “amostras emparelhadas”. A literatura técnica especializada dispõe de poucos testes para esta abordagem. Dois dos mais utilizados e que atendem esta premissa são: o Teste de Wilcoxon Pareado – também conhecido na literatura estrangeira como *Signed Rank Test Wilcoxon* - e o Teste do Sinal, que apesar de proporcionarem certa simplicidade na aplicação, possuem robustez estatística (HOLLANDER et al., 2013).

O campo de aplicação destes testes estatísticos é vasto, sendo que a maioria visa verificar diferenças entre conjuntos amostrais. Alguns artigos recentes demonstram esta aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento, tais como na economia (De Abreu Costa et al., 2014; Ribeiro et al., 2014); no meio ambiente (De Almeida et al., 2014; Anselmo et al.,

2014; Parfitt et al., 2014); na medicina (Alves et al., 2014; Barros et al., 2014; Barbosa e Munster, 2014; Buarque et al., 2014); na educação (Judai et al., 2014) entre outras.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho buscou compreender se existe alguma relação entre as variáveis MDTs, MDEHCs, tamanho da célula e vazão máxima de projeto no contexto da ciência da hidrologia. Para isto, a pesquisa foi dividida em duas fases: 1<sup>a</sup>) a correção dos MDTs e extração das redes hidrográficas e atributos; 2<sup>a</sup>) obtenção das vazões máximas de projeto e análise estatística dos resultados.

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

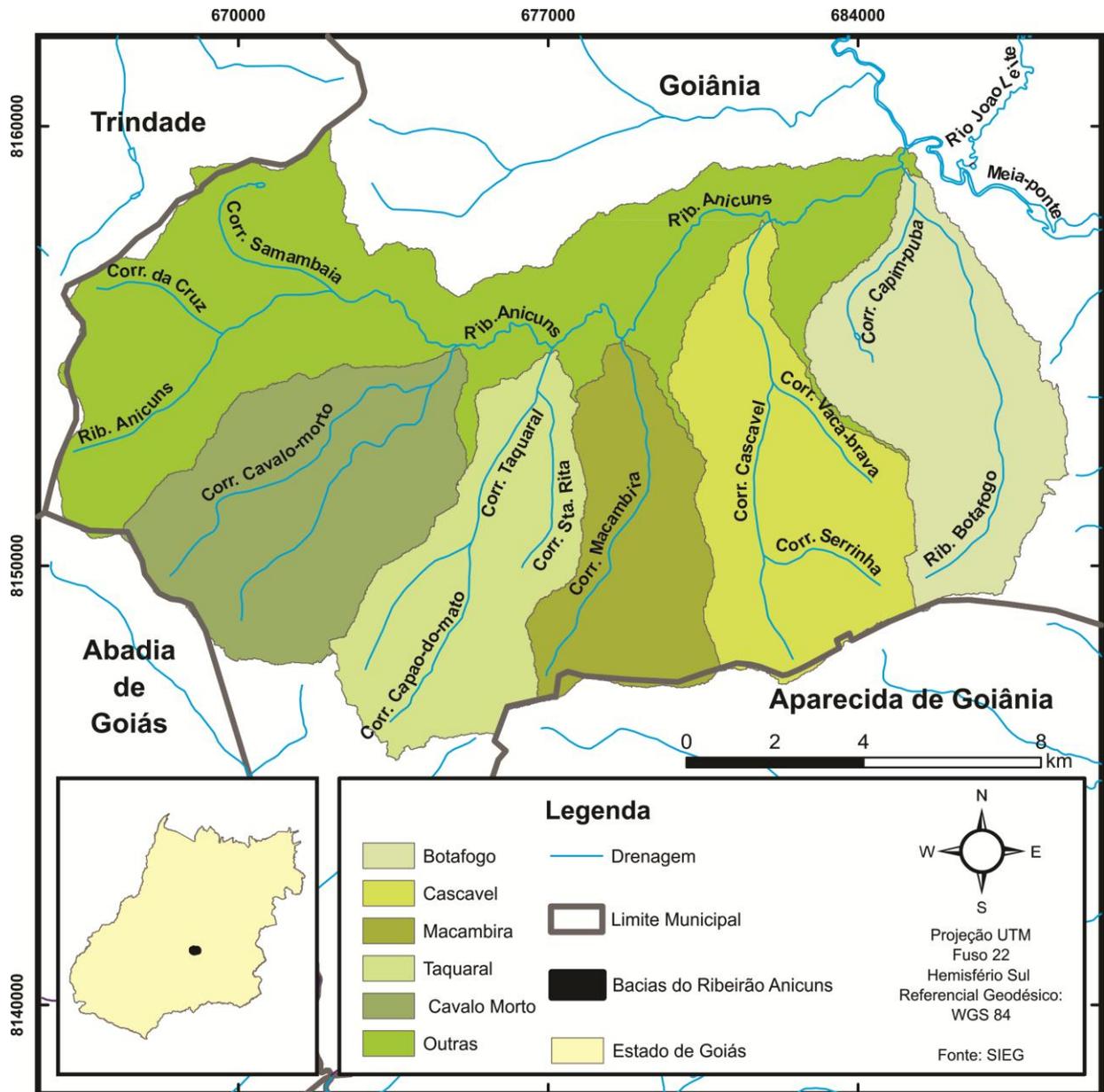
A área de estudo encontra-se na região centro sul do município de Goiânia, situado no estado de Goiás. A bacia hidrográfica do ribeirão Anicuns (Figura 11), com área de aproximadamente 220 km<sup>2</sup> possui mais que 60% de sua superfície ocupada por áreas urbanizadas. De um total de 688 bairros encontrados na bacia, destacam-se alguns, como Setor Central, Campinas, Setor Leste Universitário, e Jardim Goiás, por serem bairros comerciais e de alta densidade habitacional.

A bacia do Ribeirão Anicuns inserida na Bacia do Rio Paraná, é constituída pelo rio principal, o Ribeirão Anicuns, que é um afluente do Rio Meia Ponte, que por sua vez deságua no Rio Paranaíba, que é afluente do Rio Paraná. Os principais afluentes do Ribeirão Anicuns são: Córregos Botafogo, Cascavel, Macambira, Taquaral e Cavalo Morto, localizados na região central e mais a leste, de maior densidade urbana.

A maior parte da bacia tem um relevo que varia de plano à suave ondulado. Quatro tipos de solos estão presentes na região de estudo, Latossolos, Podzólicos, Cambissolos e Gleissolos segundo levantamento realizado em todo estado de Goiás pelo Instituto de planejamento Municipal (IPLAN) / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) / Universidade Federal de Goiás (UFG) (1991).

Para realização da pesquisa optou-se por dividir a bacia do ribeirão Anicuns em seis sub-bacias, sendo elas: Botafogo, Cascavel, Macambira, Taquaral, Cavalo Morto e Outras. Todos os procedimentos metodológicos explicitados na sequência foram realizados por sub-bacia.

FIGURA 11 – Localização da Área de Estudo



### 3.2 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Para realização da pesquisa foram utilizados cinco MDTs de diferentes métodos de aquisição e resoluções espaciais, uma Ortofoto de Goiânia com Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) classe A na escala de 1:5000, um Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia (MUBDG) e programas como: ArcGis 9.3, Surfer v.11, Global Mapper v.13, Spring v.5.8, Microsoft Excel 2007 e linguagem de programação Scilab, para viabilizar o processamento dos dados.

### 3.2.1 MDTs

Na Tabela 8 estão presentes os MDTs utilizados e as suas principais características como fonte original, método de aquisição, dimensão da célula, escala de trabalho, padrão de exatidão cartográfica e acurácia altimétrica.

TABELA 8 - Características dos MDTs utilizados.

Fonte / Referência	LIDAR	Aerofotogrametria	Topodata	Aster GDEM	SRTM
	Prefeitura de Goiânia	Prefeitura de Goiânia	INPE / Valeriano (2009)	METI* e NASA	NASA / Farr et al., (2007)
Método de Aquisição	Mapeamento a laser a bordo de aeronave. Interpolação de curvas de nível.	Estereoscopia a partir de pares de fotografias aéreas	Refinamento a partir do modelo SRTM NASA	Estereoscopia a partir de imagens orbitais	Radar Interferometria
Resolução Espacial ou Dimensão da Célula (m)	3	5	30	30	90
Escala de Trabalho	1:1.000	1:5.000	1:250.000	1:100.000**	1:250.000
Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)	A	A	-	-	-
Referência Espacial	Porojeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Hemisfério Sul, Fuso 22, referencial geodésico SAD 69.	Porojeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Hemisfério Sul, Fuso 22, referencial geodésico SAD 69.	WGS 84	WGS84/EGM96	WGS 84
Acurácia Altimétrica (m)	0,5	-	-	-	16

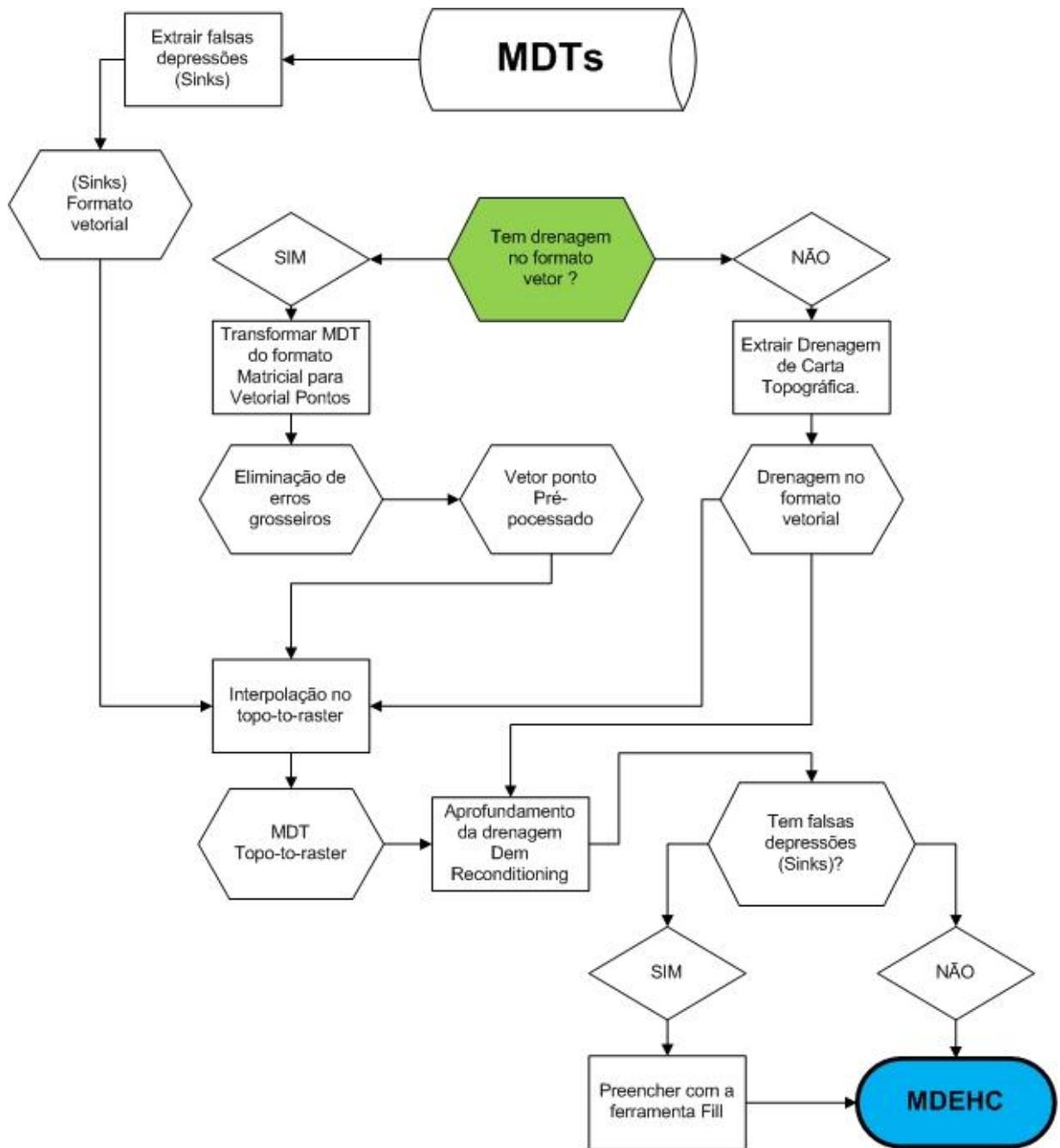
\* The Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (METI). \*\* Escala com base na literatura científica.

O primeiro procedimento realizado após a aquisição dos MDTs foi delimitar um recorte aproximado da área de trabalho.

### 3.2.2 Obtenção da Drenagem Vetorial e Construção do MDEHC

A drenagem no formato vetorial é necessária para o procedimento de aprofundamento da calha (*DEM Reconditioning*). Em uma das etapas do algoritmo, a drenagem vetorial é transformada para o formato matricial. A hidrografia que servirá de base para o procedimento de correção hidrológica foi obtida do Mapa Urbano Básico Digital de Goiás. A rede de drenagem MUBDG, utilizada no processo de rebaixamento da calha do rio, foi extraída a partir da Ortofoto de Goiânia na escala de 1:5.000 por restituição aerofotogramétrica. Com a drenagem vetorizada foi possível a geração dos MDEHCs conforme o fluxograma da Figura 12.

FIGURA 12 - Fluxograma para construção do MDEHC.



### 3.2.3 Procedimentos de correção hidrológica e extração de atributos físicos dos MDTs e MDEHCs

Os métodos utilizados para obtenção das superfícies hidrológicamente corrigidas, avaliação altimétrica e extração das características físicas, foram divididos nas seguintes etapas:

- 1) Pré-processamento dos MDTs para uso no interpolador *topo to raster* do programa ArcGis 9.3;
- 2) Geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Corrigido (MDEHC) com *topo to raster* e *dem reconditioning* no programa ArcGis 9.3;
- 3) Pós-processamento dos MDTs para garantir a sua consistência hidrológica; e
- 4) Extração das características físicas das bacias analisadas a partir dos MDTs e dos MDEHCs.

#### 3.2.3.1 Pré-processamento dos MDTs

Após a obtenção dos MDTs, o primeiro passo foi verificar se todos estavam com o mesmo referencial geodésico. Nesta etapa verificou-se que os MDTs LIDAR e Aerofotogrametria encontravam-se no referencial SAD69, enquanto o GDEM, SRTM e Topodata em WGS84. Os MDTs LIDAR e Aerofotogrametria foram reprojitados para WGS84 a fim de compatibilizar todos os referenciais geodésicos.

As falsas depressões são elementos que interferem no escoamento superficial. Visando comparar os MDTs com os MDEHCs, foi gerada com o auxílio do programa ArcGis 9.3 uma camada matricial identificando a quantidade de falsas depressões nos MDTs antes de qualquer tratamento, sendo que o procedimento foi repetido após as correções, para verificar se ainda existiam falsas depressões, e assim eliminá-las.

Em seguida todos os MDTs foram transformados do formato matricial para o formato vetorial de pontos. Neste momento, buscou-se eliminar erros grosseiros que pudessem reduzir a qualidade altimétrica dos MDTs. Geralmente, em superfícies de elevação digital, as maiores discrepâncias são encontradas nos locais de maior densidade, como florestas densas ou áreas urbanas com grande densidade de prédios. Estas áreas foram detectadas e removidas dos vetores de pontos. Desta forma, os dados foram preparados para uso no interpolador *topo-to-raster* no ArcGis 9.3.

#### 3.2.3.2 Geração dos MDEHCs com topo to raster

A escolha do interpolador foi baseada em pesquisas realizadas no Brasil e em outros países (Chaves, 2002; Pires et al., 2005; Moreira, 2006; Fernandes e Menezes, 2009; Tan e Xu, 2014) que consideram o algoritmo ANUDEM implementado como *topo to raster* no ArcGis 9.3 como sendo o mais adequado na geração de feições hidrológicas, com preservação da integridade da paisagem.

Com os dados de entrada devidamente pré-processados, foram definidos os valores dos parâmetros técnicos que controlam a geração do MDEHC. Na sequência são esclarecidos com base no manual do programa (Esri, 2011), quais são estes parâmetros e o que eles representam.

- Tipo de dado de entrada (Type)

Este campo refere-se ao tipo de dado que será fornecido como entrada para gerar um novo MDT pelo processo de interpolação. São aceitos 6 formatos vetoriais de dados: pontos com altitude; curvas de nível; rede de canais; falsas depressões (sinks); polígonos para limitar áreas que serão interpoladas; polígonos com identificação de lagos. Para esta pesquisa utilizou-se o formato vetorial ponto e drenagem.

- Saída do tamanho da célula (Output Cell Size)

Neste campo o usuário pode determinar qual o tamanho da célula de saída do novo MDT gerado. Este valor foi definido conforme o tamanho da célula de cada MDT pesquisado. Sendo de 3m para LIDAR, 5m para Aerofotogrametria, 30m para Topodata e GDEM, e 90m para SRTM. Desta forma mantiveram-se as dimensões de origem dos dados. Exceto do LIDAR, para este dado decidiu-se reduzir a resolução, devido a limites computacionais e visando uma maior suavização deste MDT, que tem uma superfície com rugosidade acentuada, o que dificulta a formação de canais.

- Imposição da Drenagem (Drainage Enforcement)

Este parâmetro permite ao usuário decidir se no processo de interpolação a drenagem será ou não usada. Se a opção estiver habilitada, o algoritmo utiliza esta informação para remover falsas depressões (sinks) respeitando o traçado da rede. Esta opção foi habilitada.

- Número Máximo de Iterações (Maximum Number of Iterations)

Este parâmetro controla a quantidade de falsas depressões que serão eliminadas. O valor padrão é 40, e segundo Esri (2011) é um valor adequado. Valores abaixo de 40 não são recomendados, devido à redução na eficiência do interpolador em eliminar as falsas depressões (sinks). Para esta pesquisa, manteve-se o valor padrão.

- Tolerâncias (tol 1)

Esta primeira tolerância reflete a acurácia e a densidade dos pontos de elevação. Se as curvas de nível forem utilizadas como entrada, então o parâmetro deve ser configurado com metade da sua equidistância. O valor padrão é 2,5 se o dado é do tipo contorno, para o tipo ponto o padrão é zero. O nível de generalização das superfícies é diretamente proporcional a este parâmetro. Foi utilizado o valor padrão 0.

- Tolerâncias (tol 2)

Esta tolerância impede que a drenagem avance sobre barreiras definidas pelo usuário. O valor padrão para contornos é 100, e para pontos 200. Este parâmetro não foi alterado, manteve-se o valor 200.

Segundo a Esri (2011) os valores padrões ou *defaults* apresentados foram sugeridos com base na pesquisa de Hutchinson (1989) o idealizador do algoritmo, portanto são considerados robustos, devido a uma exaustiva pesquisa realizada por este autor. Não se recomenda a alteração destes, a não ser em situações que o resultado obtido não seja satisfatório. Uma das vantagens desse interpolador é que o mesmo fornece dados opcionais de saída, além do MDEHC, que possibilitam a análise da qualidade da interpolação.

Os arquivos opcionais incluem uma camada com as falsas depressões (sinks) que não foram eliminadas no processo de interpolação. Um arquivo de diagnóstico no formato texto, que lista as entradas, parâmetros utilizados e quantidade de falsas depressões eliminadas a cada iteração. Estes arquivos foram requeridos, para avaliar a qualidade do produto interpolado, e verificar a necessidade do preenchimento de novas depressões. É válido destacar que nesta etapa foram gerados 5 MDEHCs relativos aos MDTs apresentados no item 5.2.1.

### 3.2.3.3 Pós-processamento dos MDEHCs

Após a geração do MDEHC com o *topo-to-raster*, utilizou-se o comando *Dem Reconditioning* da extensão ArcHydro, a fim de garantir a coincidência espacial entre a drenagem vetorial extraída a partir da carta topográfica e a drenagem numérica. Este procedimento segundo Hellweger e Maidment (1997) constitui os talwegues por meio do aprofundamento da drenagem numérica, forçando o seu alinhamento com o vetor drenagem de referência.

No entanto, ao utilizar este método de refinamento surgiram novas falsas depressões (sinks), que posteriormente foram preenchidas por meio do comando *Fill* do programa ArcGis 9.3. Com este procedimento, garantiu-se a consistência hidrológica dos MDTs em relação ao escoamento superficial.

### 3.2.3.4 Extração das características físicas das sub-bacias, para os MDTs e MDEHCs.

Com o objetivo de comparar os MDEHCs com os MDTs foram extraídas características físicas dos dois conjuntos de dados. Para facilitar as análises, os dados foram organizados em pastas diferentes, sendo o primeiro diretório denominado “MDTs” com 5 pastas, uma para cada MDT, e outro diretório “MDEHCs” também com 5 pastas. Desta forma, foram extraídas as redes de drenagem e bacias hidrográficas por meio do programa Surfer v11, bastando para isso entrar com MDTs / MDEHCs e um limiar para definir a área mínima de contribuição.

Após este procedimento, foram extraídos atributos das 10 redes geradas, tais como área (A) e perímetro da bacia (P), comprimento do talvegue (L), comprimento total da rede (Lt), declividade do talvegue (S), declividade da bacia, além de alguns índices como densidade de drenagem (Dd) (Equação 5.1), fator de forma (F) (Equação 5.2) e coeficiente de compacidade (Kc) (Equação 5.3).

Estas informações possibilitaram a construção de um primeiro artigo comparando a coincidência espacial entre as redes geradas a partir dos MDTs e MDEHCs, onde se verificou a importância da consistência hidrológica na extração das redes de drenagem. Neste artigo pôde-se perceber que na ausência de dados com alto nível de detalhamento (LIDAR) a segunda melhor opção para análises hidrológicas é o MDT Topodata, devido à menor discrepância observada na caracterização morfométrica e coincidência espacial entre a rede

estimada a partir deste dado e a de referência. Deste ponto em diante foram utilizados somente os MDTs/MDEHCs LIDAR e Topodata.

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (5.1)$$

$$F = \frac{A}{L_t^2} \quad (5.2)$$

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (5.3)$$

Em que:

$L_t$ = comprimento total dos cursos d' água da bacia.

$P$ = perímetro da bacia.

$A$ = área da bacia.

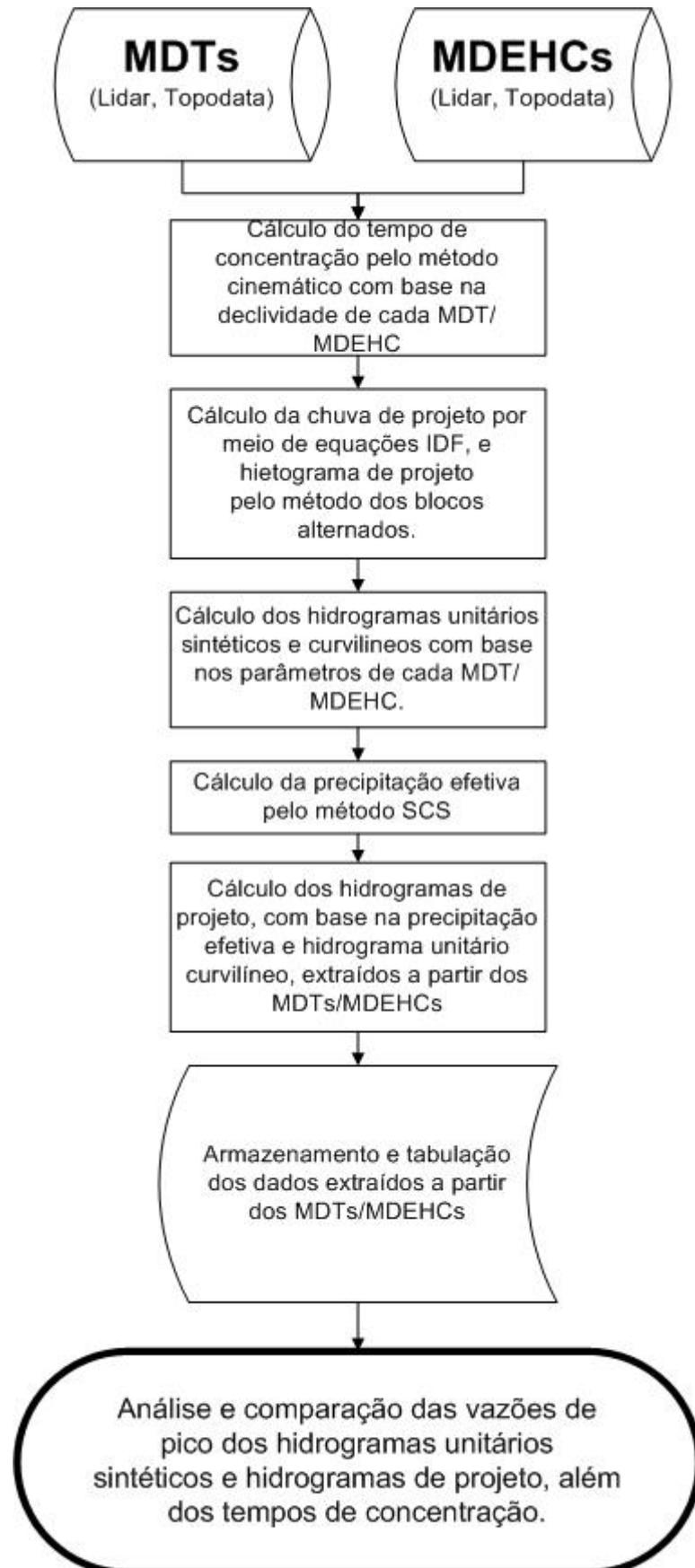
$Kc$ = Coeficiente de compacidade.

### **3.2.4 Avaliação da influência da correção hidrológica e tamanho da célula no hidrograma de projeto**

Nesta segunda fase da pesquisa foram utilizados os atributos extraídos dos MDTs/MDEHCs para gerar hidrogramas de projeto, e assim avaliar por pares de períodos de retorno se houve diferenças significativas na vazão máxima de projeto dos hidrogramas, além dos tempos de concentração.

A sequência para construção do hidrograma de projeto e posterior análise dos resultados está ilustrada no fluxograma da Figura 13.

FIGURA 13 - Fluxograma para geração do hidrograma de projeto e posterior análise dos resultados.



### 3.2.4.1 – Cálculo do tempo de concentração

O tempo de concentração foi calculado pelo método cinemático da Equação 4.10 no tópico 4.4.1, seguindo a recomendação de alguns autores (SCS, 1986; Walesh, 1989; Porto, 1995) que o consideram como o mais correto do ponto de vista teórico.

TABELA 9 - Coeficiente de Escoamento em Superfícies e Calhas Rasas (  $C_v$  )

Ocupação do Solo	$C_v$
Florestas densas	0,075
Campos naturais pouco cultivados	0,135
Gramas ou pastos ralos	0,210
Solos quase nus	0,300
Canais gramados	0,450
Escoamento em lâmina sobre pavimentos ou em sarjetas e calhas rasas	0,600

Fonte: Tucci (1993).

Para o cálculo do tempo de concentração pela equação do método cinemático (Equação 4.10) foi necessário construir em ambiente SIG as matrizes que representam os atributos de entrada ( $L_i$ ) distância de escoamento e ( $V_i$ ) velocidade de escoamento, que por sua vez, depende de mais duas matrizes: a de ( $C_v$ ) coeficiente de escoamento e ( $S_i$ ) declividade da bacia.

Conforme apresenta a Tabela 9, a velocidade de escoamento é função da cobertura do solo e um dos atributos de entrada da Equação 4.10 do método cinemático. Outro parâmetro é a declividade do terreno, que foi extraída de cada MDT/MDEHC com auxílio do programa ArcGis 9.3. O primeiro passo foi determinar a ocupação do solo existente na área de pesquisa conforme a Tabela 9, utilizando para isto, a Ortofoto da cidade de Goiânia com 5 metros de dimensão da célula. Cada classe recebeu um valor de  $C_v$ , sendo válido destacar que todo o procedimento foi realizado pixel a pixel.

- a) A distância de escoamento ( $L_i$ ) para o cálculo do tempo de concentração em cada pixel foi gerada com a ferramenta *Flow Length* do programa ArcGis, que calcula uma matriz de distâncias seguindo a direção do fluxo até o leito dos rios e exutório da bacia.
- b) As classes de ocupação do solo (florestas, campos, pastos ralos, solos quase nus e pavimentos) foram adquiridas conforme a Tabela 9 por meio de segmentação e classificação. O classificador utilizado foi o ISOSEG no

programa Spring versão 5.8. Devido à confusão espectral entre os alvos na Ortofoto não foi possível obter um bom resultado inicial, deste modo, fez-se necessário uma etapa de pós-processamento visando corrigir as inconsistências. Em seguida, foram atribuídos às classes os valores de Cv conforme a Tabela 9.

- c) A declividade (Si) foi extraída no programa ArcGis 9.3, com a ferramenta *Slope*, em porcentagem, para cada MDT/MDEHC.
- d) Após a obtenção destas matrizes foi utilizado o conceito de álgebra de mapas, para realizar a multiplicação entre “Cv” e “Si” pixel a pixel. Como resultado foi obtido uma nova matriz com as velocidades de escoamento (Vi) em cada pixel.
- e) E por fim, foi calculado o tempo de concentração (tc) pixel a pixel por meio da divisão entre “Li” e “Vi”, que gerou uma nova matriz resultante que foi multiplicada pelo valor escalar de (1000/60). O maior valor encontrado nesta matriz foi considerado o tempo de concentração da bacia.

Para calcular o tempo de concentração das bacias foi elaborada uma ferramenta no programa ArcGis 9.3 utilizando o “Model Builder” que automatiza todo o processo, bastando para isso que o usuário entre com o MDT/MDEHC e obtenha como saída o tempo de concentração já calculado. A programação para criação da ferramenta encontra-se no Apêndice I deste documento.

#### 3.2.4.2 Cálculo da chuva e hietograma de projeto

A chuva de projeto foi calculada com base na Equação 4.7 e 4.8 de Costa e Prado (2003), para período de retorno  $T \leq 8$  anos e  $T > 8$  anos respectivamente. Calculou-se a chuva de projeto para os períodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos. Os seguintes parâmetros regionais foram utilizados no cálculo da chuva de projeto:

$$\alpha = 0,14710; \beta = 0,22; \gamma = 0,09; \delta = 0,62740$$

$$b = 0,974711; c = 24,8; B1 = 56,7928; B2 = 64,3044$$

Os hietogramas de projetos foram calculados a partir das chuvas de projeto e dos tempos de concentração calculados no tópico anterior. O exemplo hipotético da Tabela 10 demonstra a sequência dos cálculos.

TABELA 10 - Cálculo do hietograma de projeto pelo método dos blocos alternados.

Hietograma pelo Método dos Blocos Alternados						
TEMPO	INTENSIDADE DA CHUVA	Col1 x Col2	Diferenças da Col 3	Ordem Decrescente da coluna 4	Precipitação no Intervalo	Precipitação no Intervalo
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
min	mm/h	mm	mm	mm	mm	cm
10						
20						
30						
40						
50						
60						

Coluna 1 – Tempo de duração da chuva discretizados em intervalos iguais.

Coluna 2 – Intensidade da chuva calculada com as equações i-d-f e incremento da chuva em minutos.

Coluna 3 – Produto da Intensidade da chuva calculada na coluna 2 pelo incremento de tempo da coluna 1.

Coluna 4 – Diferenças da coluna 3.

Coluna 5 – Arranjo dos valores da coluna 4 em ordem decrescente.

Coluna 6 – Precipitação no intervalo com o seguinte arranjo dos blocos: 6-4-3-1-2-5.

Coluna 7 – Resultado da coluna 6 em centímetros.

Deste modo foram obtidos os hietogramas de projeto para os 10 tempos de concentração calculados a partir das declividades dos MDTs/MDEHCs e a chuva de projeto com período de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos. Todos os cálculos foram feitos via linguagem de programação Scilab. A priori foi gerado um *script* para calcular os hietogramas de projeto. Este *script* foi transformado em uma função para ser chamada por outro *script* que calcula o hidrograma de projeto final.

### 3.2.4.3 Parâmetro CN e cálculo da precipitação efetiva

Para o cálculo da precipitação efetiva é necessário fornecer o parâmetro CN. Para este estudo foram considerados valores de CN entre 40 e 99, com intervalo de uma unidade. Para cada valor de CN, a partir de 40, foi calculado um hietograma de precipitação efetiva.

Em posse do valor de CN, foi calculada a precipitação efetiva da seguinte forma:

- a) Os valores de cada coluna dos hietogramas calculados anteriormente foram acumulados;
- b) Em seguida calculou-se a precipitação efetiva acumulada a partir da Equação 4.18, válida somente quando  $P > I_a$ ; e
- c) Para obtenção do hietograma de precipitação efetiva foram calculadas as diferenças entre as parcelas do item b.

### 3.2.4.4 Cálculo dos hidrogramas unitários sintéticos triangulares e curvilíneos

No primeiro momento, foram calculados 10 hidrogramas unitários sintéticos triangulares, a partir dos tempos de concentração obtidos no tópico 5.2.4.1. Sendo preciso para a sua construção o cálculo do tempo de base ( $t_b$ ), tempo de pico ( $T_p$ ) e vazão de pico ( $q_p$ ).

- O tempo de base ( $t_b$ ) foi calculado a partir da equação  $t_b = 1,67 * T_p + T_p$ .
- O tempo de pico foi calculado a partir da equação (4.12).
- E a vazão de pico a partir da equação (4.13).

O hidrograma unitário sintético curvilíneo foi obtido pelo produto do tempo de pico ( $T_p$ ) pelos valores de  $T/t_p$  e da vazão de pico ( $q_p$ ) pelos valores de  $q/q_p$  da (Figura 9a). Desta forma, foram gerados 10 hidrogramas unitários sintéticos curvilíneos.

### 3.2.4.5 Cálculo dos hidrogramas de projeto

Os hidrogramas de projeto foram gerados com base nos valores dos hidrogramas unitários sintéticos curvilíneos e dos hietogramas de chuva efetiva em (cm) pelo processo de

convolução utilizando o script do Apêndice II deste documento. Cada parcela de chuva efetiva gerou um hidrograma unitário defasado em 10 minutos.

Os hidrogramas de projeto foram calculados pela soma das ordenadas de todos hidrogramas unitários. O procedimento de convolução foi repetido 10 vezes para cada sub-bacia utilizando os 10 hidrogramas unitários sintéticos curvilíneos e os 10 hidrogramas de chuva efetiva gerados nas etapas anteriores.

Visando avaliar as diferenças nas vazões máximas de projeto geradas a partir dos atributos dos MDTs/MDEHCs com o aumento do CN, foi construído um programa em linguagem Scilab para gerar vazões máximas de projeto a partir dos atributos de entrada: área da bacia (A); tempo de concentração ( $t_c$ ). O programa fornece como saída para cada par de atributos (A,  $t_c$ ) uma matriz de vazões máximas de dimensão 60 x 7, onde cada linha representa um valor de CN entre 40 e 99, e cada coluna representa respectivamente um período de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos. O programa encontra-se disponível no Apêndice II deste documento.

Este procedimento foi realizado para cada uma das 6 sub-bacias dos MDTs (LIDAR e Topodata) e MDEHCs (LIDAR e Topodata), totalizando 24 matrizes de vazões de projeto com dimensões de 60 x 7. A partir destas matrizes, foi possível realizar o Teste estatístico de Wilcoxon Pareado, por períodos de retorno, para verificar as diferenças encontradas entre as vazões máximas de projeto geradas a partir dos MDTs/MDEHCs. E assim, avaliar se o método de consistência hidrológica e tamanho da célula dos MDTs/MDEHCs influenciaram ou não de forma significativa o resultado final da vazão máxima de projeto.

#### 3.2.4.6 – Teste Estatístico de Wilcoxon Pareado

A escolha pelo teste estatístico de Wilcoxon Pareado foi determinada pela natureza dos dados analisados, pelos tipos de variáveis envolvidas e pelo tamanho da amostra. Como existe uma relação de dependência entre as amostras por meio do parâmetro “vazão máxima de projeto”, buscou-se na revisão de literatura testes que atendiam a premissa de dependência de amostras, e o mais recomendado foi o de Wilcoxon Pareado pela simplicidade de aplicação e robustez estatística. Uma das vantagens deste teste é que o mesmo usa a mediana ao invés da média como medida de tendência central, o que o torna menos dependente dos valores extremos.

O primeiro passo antes da aplicação do teste foi elaborar hipóteses para serem testadas, neste sentido foram considerados os seguintes casos:

- 1º Caso – Em relação ao método de consistência hidrológica utilizado. Pretende-se verificar se o método utilizado para consistência hidrológica dos MDTs/MDEHCs influenciou ou não no resultado final da vazão máxima de projeto.

H0: As vazões de projeto geradas a partir dos atributos dos MDEHCs diferem das vazões dos MDTs.

H1: As vazões de projeto geradas a partir dos atributos dos MDEHCs não diferem das vazões dos MDTs.

- 2º Caso – Em relação ao tamanho da célula dos MDTs. Pretende-se verificar se o tamanho da célula dos MDTs influenciou ou não no resultado final da vazão máxima de projeto.

H0: As vazões de projeto geradas a partir dos atributos do dado Topodata diferem das vazões geradas a partir dos atributos do dado LIDAR.

H1: As vazões de projeto geradas a partir dos atributos do dado Topodata não diferem das vazões geradas a partir dos atributos do dado LIDAR.

Todos os testes foram realizados em um nível de significância de 5% ou 0,05, utilizando para isto a estrutura proposta por Frank Wilcoxon e descrita por Siegel e Castellan (1998) e Ferreira (2004) como segue:

- Calculam-se as diferenças  $d_i = x_i - \tilde{\mu}_0$ ;
- Ordenam-se as diferenças  $d_i$  por ordem crescente dos respectivos valores absolutos  $d_i$ ;
- Atribui-se um número de ordem sequencialmente a cada  $d_i$ ; os números de ordem referentes a  $d_i$  são precedidos do sinal “+”; os números de ordem referentes a  $d_i$  negativos são precedidos do sinal “-“;
- Quando o valor absoluto de duas ou mais diferenças é o mesmo (isto é, quando existem “empates”), o número de ordem atribuído a cada uma dessas diferenças com o mesmo valor

absoluto  $d_i$  é a média aritmética dos números de ordem que tais observações receberiam se não estivessem empatadas;

· Quando existem zeros, isto é, quando  $d_i=0$ , estes valores devem ser ignorados, e conseqüentemente, reduzir o tamanho da amostra em tantas unidades, tal qual seja a quantidade de zeros; e

· Calcula-se a estatística de teste, geralmente designada por  $T$ , e que resulta da soma dos números de ordem “positivos” (caso em que a estatística de teste se representa por  $T_+$ ) ou dos números de ordem “negativos” (a estatística de teste é representada por  $T_-$ ).

Note-se que a estatística de teste toma sempre um valor não negativo, e para uma amostra de tamanho  $N$  a soma de todos os números de ordem é dada pela Equação 5.4:

$$T_+ + T_- = \frac{N * (N + 1)}{2} \quad (5.4)$$

Se a hipótese nula é verdadeira, as distribuições de  $T_+$  e  $T_-$  são simétricas em torno do valor esperado, conforme a Equação 5.5:

$$T_+ + T_- = \frac{N * (N + 1)}{4} \quad (5.5)$$

Existem tabelas com os valores críticos de  $T_+$  ou  $T_-$  para decidir sobre a significância do teste. Para amostras com  $N \geq 15$  demonstra-se que a distribuição amostral de  $T_+$  (ou  $T_-$ ) se aproxima da distribuição normal dos atributos média (Equação 5.6) e variância (5.7).

$$\mu_{t_+} = \frac{N * (N + 1)}{4} \quad (5.6)$$

$$\sigma_{t_+}^2 = \frac{N * (N + 1) * (2N + 1)}{24} \quad (5.7)$$

Havendo “empates” a variância deve ser corrigida utilizando a Equação 5.8.

$$\sigma_{t_+}^2 = \frac{N * (N + 1) * (2N + 1)}{24} - \frac{\sum u_i^3 - \sum u_i}{48} \quad (5.8)$$

Em que  $u_i$  representa o número de “empates” no  $i$ -ésimo grupo de observações iguais.

Quando se faz a aproximação à função de distribuição normal, a estatística de teste “Z” é representada pela Equação 5.9.

$$Z = \frac{T_+ - \frac{N*(N+1)}{4}}{\sqrt{\frac{N*(N+1)*(2N+1)}{24}}} \sim N(0, 1) \quad (5.9)$$

A seguinte estrutura encontra-se atualmente disponível em diversos pacotes de programas livres e comerciais, para esta pesquisa foi utilizado o suplemento para Excel denominado *Action* que é um programa livre desenvolvido sob a plataforma R, sendo um dos sistemas estatísticos mais utilizados atualmente.

O teste foi aplicado a partir das amostras de vazões máximas de projeto geradas anteriormente em pares de período de retorno, ou seja, T=5 MDT e T=5 MDEHC e assim sucessivamente até T=100 para o teste de hipótese de aplicação do método de consistência hidrológica (caso 1). Para o teste de hipótese referente ao tamanho da célula dos MDTs (caso 2) foi seguido o mesmo raciocínio, entretanto foram comparados pares de período de retorno entre o MDT LIDAR e MDT Topodata.

Após este procedimento, foram gerados os resultados de P-valor por pares de amostras, estes valores foram confrontados com o nível de significância adotado de 5% ou 0,05, verificando assim, a aceitação ou não das hipóteses propostas anteriormente. Considerando como hipótese aceita, quando P-valor < 0,05 e hipótese rejeitada quando P-valor > 0,05.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta sessão serão apresentados os resultados desta pesquisa por meio de mapas, gráficos e tabelas, desde a análise de correção dos MDTs até a análise das vazões máximas de projeto.

### 4.1 COINCIDÊNCIA ESPACIAL ENTRE AS REDES HIDROLÓGICAS ESTIMADAS E A OBTIDA POR ÓRGÃO OFICIAL

Segundo Moreira (2012), atualmente a verificação da consistência hidrológica de um MDT é realizada a partir da comparação visual entre as redes extraídas a partir dos MDTs e uma rede de referência, que geralmente é uma rede mapeada por órgão oficial. Neste sentido, são apresentadas na sequência as Figuras 14, 15, 16, 17 e 18, que demonstram esta verificação visual entre as redes de drenagem geradas a partir dos MDTs/MDEHCs LIDAR, Aerofotogrametria, GDEM, Topodata, SRTM, analisados neste estudo e a rede hidrográfica mapeada pelo Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia (MUBDG).

FIGURA 14 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDT LIDAR com a rede MUBDG antes e após a correção. (A) rede drenagem extraída a partir do MDT LIDAR. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC LIDAR.

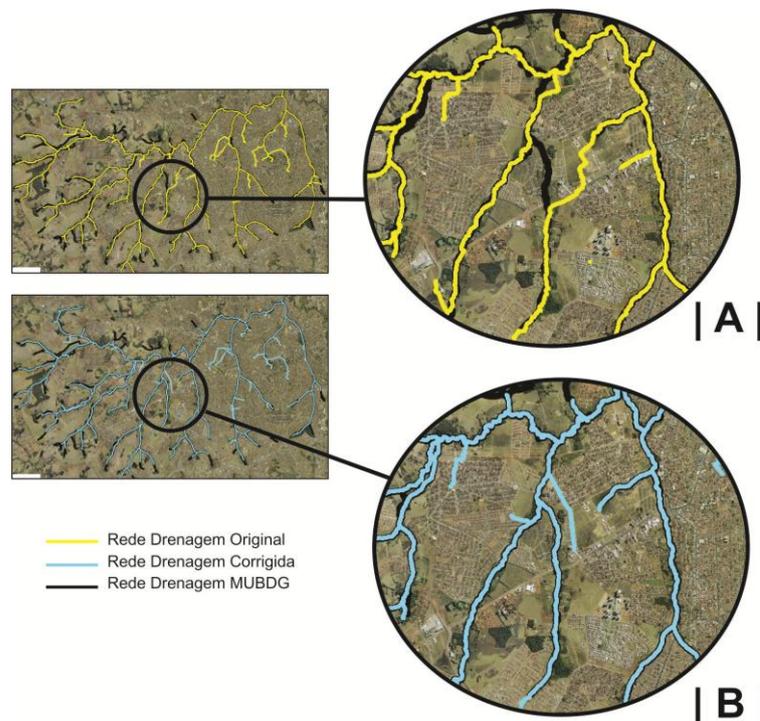


FIGURA 15 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDT elaborado por mapeamento aerofotogramétrico com a rede MUBDG, antes e após a correção. (A) rede drenagem extraída a partir do MDT Aerofotogrametria. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC Aerofotogrametria.

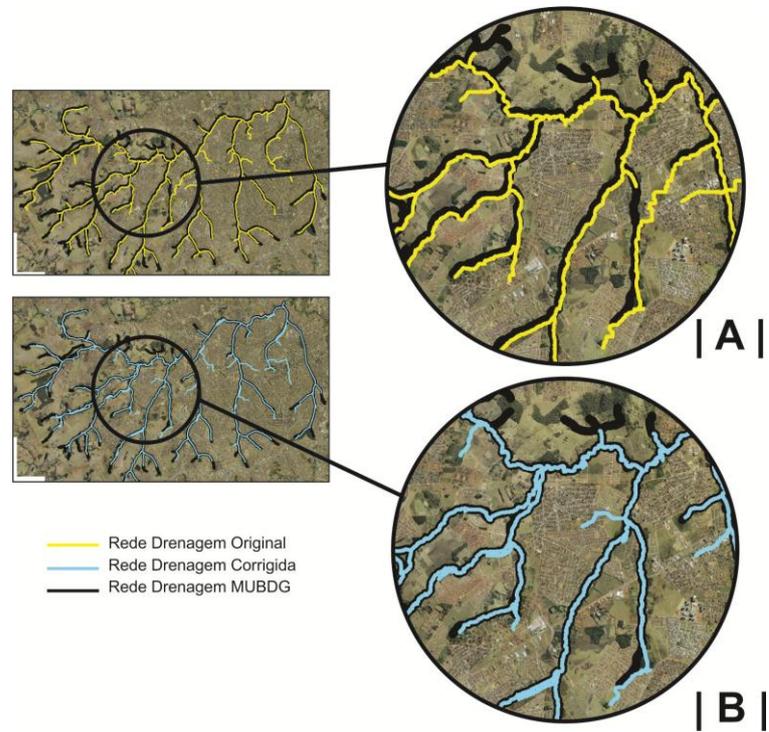


FIGURA 16 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDE GDEM, com a rede MUBDG antes e após a correção. (A) rede drenagem extraída a partir do MDE GDEM. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC GDEM.

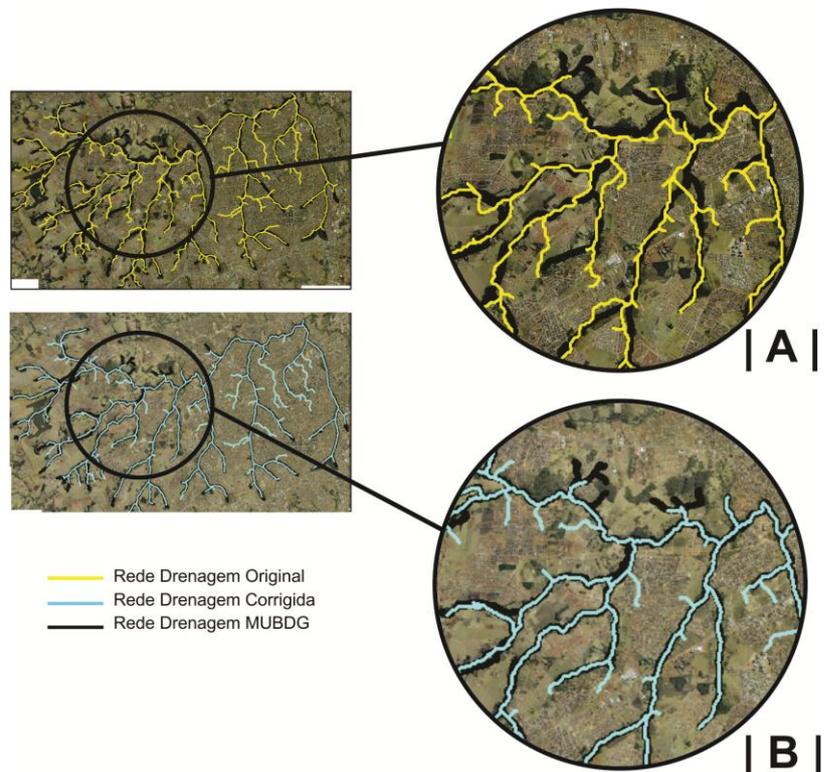


FIGURA 17 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do DEM Topodata com a rede de referência MUBDG. (A) rede drenagem extraída a partir do MDE Topodata. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC Topodata.

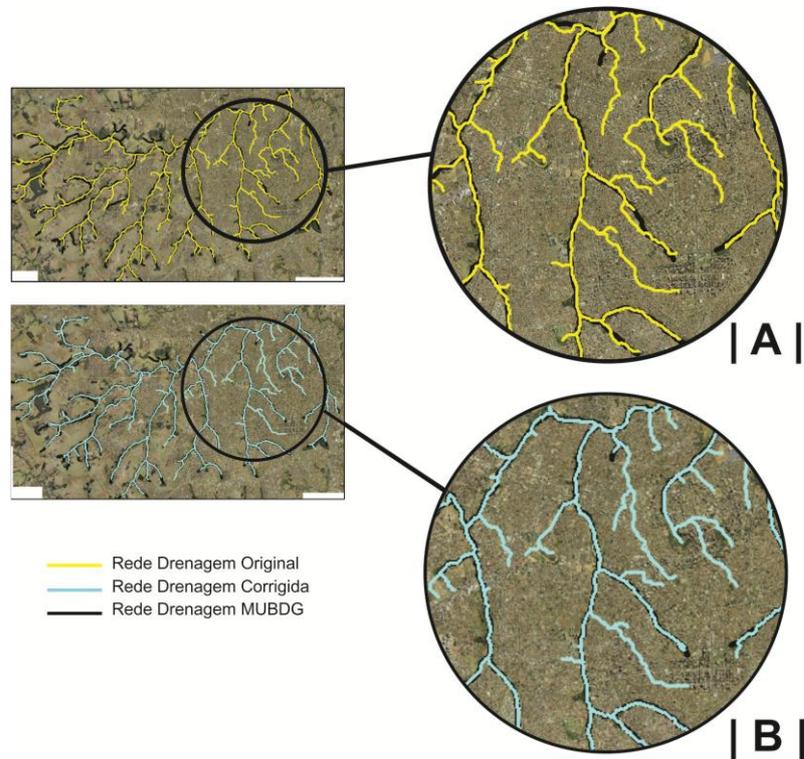
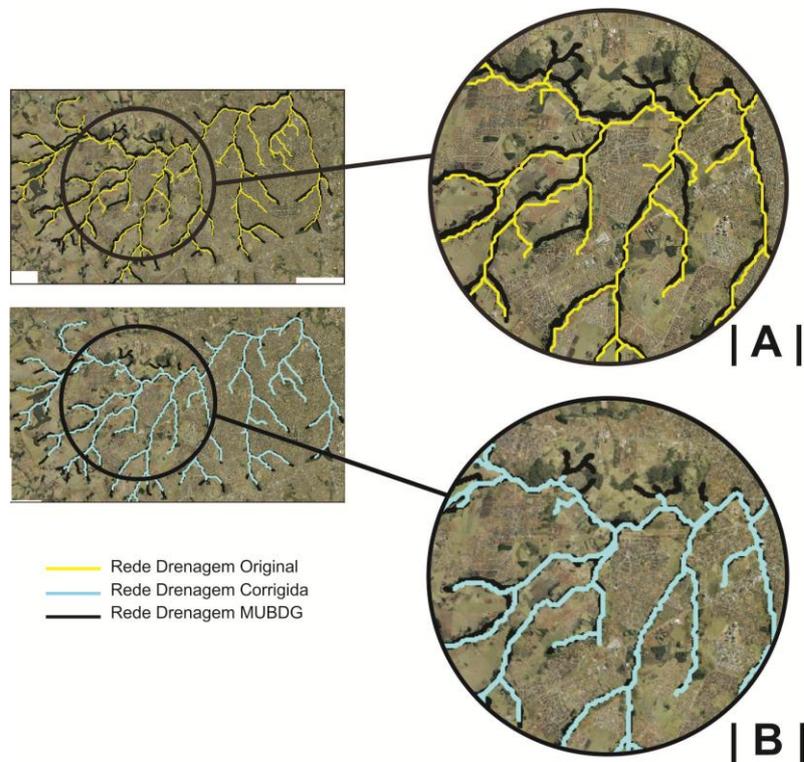


FIGURA 18 - Sobreposição das redes de drenagem extraídas a partir do MDE SRTM com a rede de referência MUBDG. (A) rede drenagem extraída a partir do MDE SRTM. (B) rede drenagem extraída a partir do MDEHC SRTM.



Antes de discorrer sobre os resultados encontrados na análise qualitativa dos MDTs é importante destacar que a coincidência espacial de aproximadamente 100% ocorre devido ao uso da rede MUBDG na etapa de rebaixamento da calha do rio utilizando a técnica *Stream Burning*. Ao extrair a rede numérica de uma superfície corrigida (MDEHC) e compará-la com a mesma rede usada para correção (MUBDG), espera-se uma maior coincidência entre elas. Deste modo, algumas observações puderam ser feitas acerca da consistência hidrológica dos MDTs analisados.

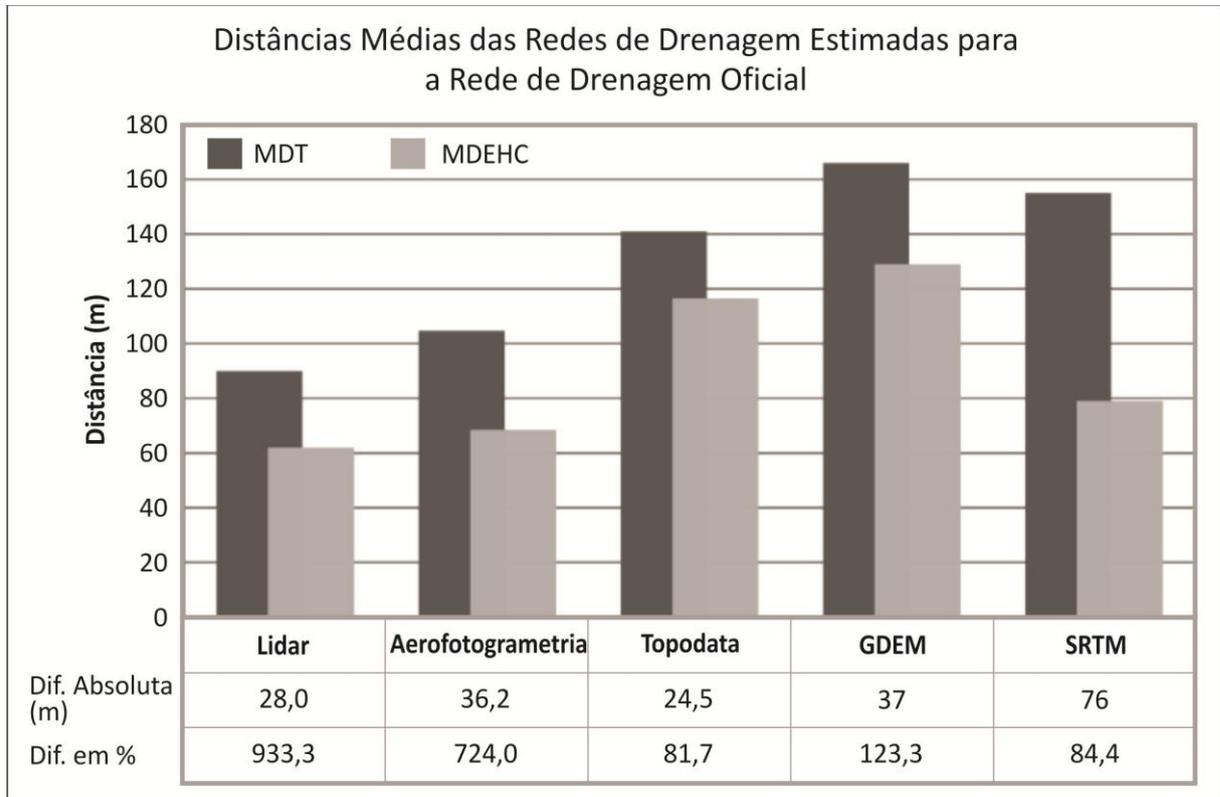
A priori, nota-se que a estimativa das redes de drenagens a partir dos MDTs gerou uma grande quantidade de falsos canais além de um deslocamento posicional dos cursos d'água. Enquanto que as redes estimadas a partir dos MDEHCs tiveram uma coincidência espacial de aproximadamente 100% em todos os casos analisados, com redução do número de falsos canais. No entanto o método de consistência hidrológica não foi capaz de eliminar por completo os falsos canais nos locais onde a rede de referência não estava presente.

Para os MDTs/MDEHCs com alto nível de detalhamento (LIDAR e Aerofotogrametria) pôde-se perceber que as redes estimadas a partir dos MDTs apesar de gerar alguns falsos canais, ainda sim tiveram um ajuste razoável à rede de referência. As redes estimadas a partir dos MDEHCs sofreram correção dos falsos canais e um aumento de qualidade no ajuste posicional em relação às redes estimadas a partir dos MDTs. Apesar do resultado visual favorável é preciso destacar que o tamanho da célula destes MDTs de 3 e 5 metros respectivamente, torna numericamente grande um pequeno deslocamento visual.

As redes hidrográficas estimadas a partir dos MDTs/MDEHCs com tamanhos de célula de 90 e 30m respectivamente (SRTM, GDEM e Topodata) demonstraram alguns resultados interessantes. Em relação ao ajuste das redes, os piores resultados encontrados foram dos MDTs SRTM e GDEM, assim como para tendência na geração de falsos canais. Já a rede estimada a partir do MDT Topodata foi a que demonstrou o melhor desempenho em relação à consistência hidrológica, além de não gerar uma quantidade significativa de falsos canais, ainda obteve um ajuste satisfatório mesmo antes da aplicação do método de correção.

De forma a complementar a análise qualitativa, elaborou-se o Gráfico da Figura 19, com as distâncias médias das redes geradas a partir dos MDTs/MDEHCs para a rede de referência MUBDG. A situação ideal para este tipo de análise seria um valor de distância médio igual ou próximo à zero. Neste caso hipotético, pode-se dizer que houve um ajuste de 100% entre as redes. Entretanto, foram consideradas as distâncias com toda a drenagem gerada e não somente a coincidente.

FIGURA 19 - Avaliação das distâncias médias entre as redes de drenagem estimadas a partir dos MDTs/MDEHCs e a de referência.



A leitura do gráfico possibilita responder algumas questões da análise qualitativa. Percebe-se que as distâncias das redes são inversamente proporcionais ao tamanho da célula das superfícies, ou seja, quanto menor for o tamanho da célula, maior é o deslocamento, exceto para o GDEM, que mesmo com uma célula de 30 metros, não gerou melhores resultados do que o SRTM com célula de 90 metros.

Considerando o tamanho da célula de cada superfície é possível perceber que o MDT Topodata obteve o menor deslocamento da rede após a aplicação do método de consistência hidrológica. O maior deslocamento foi da superfície LIDAR com uma distância em porcentagem de aproximadamente 933%, no entanto, deve-se levar em consideração que o tamanho da célula desta superfície é 10 vezes menor que a do Topodata. O Gráfico mostra resultados semelhantes entre o MDT Topodata e SRTM, esta semelhança era prevista uma vez que o Topodata é um subproduto do SRTM.

Com base na análise qualitativa visual e nos dados do Gráfico é possível afirmar que as superfícies que derivaram as redes com melhor ajuste são o MDT SRTM e o MDT Topodata entre as superfícies analisadas. A partir deste ponto os resultados referem-se apenas

as superfícies LIDAR e Topodata visando analisar as diferenças entre superfícies com células menores e maiores.

#### 4.2 EXTRAÇÃO DOS ATRIBUTOS A PARTIR DOS MDTs/MDEHCs

Para cada sub-bacia foram extraídos os atributos: área, perímetro, fator de forma, coeficiente de compacidade, comprimento do rio principal, comprimento total da hidrografia, densidade de drenagem, comprimento do talvegue, declividade do talvegue e declividade média da bacia a partir dos MDTs e MDEHCs. Em seguida os valores extraídos a partir dos MDTs foram comparados com os extraídos a partir dos MDEHCs, buscando analisar as diferenças encontradas. Os resultados podem ser observados nas Tabelas 11 e 12, que trazem as diferenças em porcentagem em relação ao MDT/MDEHC Topodata e LIDAR.

TABELA 11 - Diferenças encontradas entre os atributos medidos a partir do MDT e MDEHC Topodata. As maiores diferenças estão em destaque por sub-bacia.

Diferenças relativas em (%) dos Atributos medidos a partir do MDT e MDEHC Topodata												
Sub-bacias	Botafogo		Cascavel		Macambira		Taquaral		Cavalo Morto		Outras	
	MDT	MDEHC										
Área	4,03	3,87	0,87	0,88	0,88	0,89	2,51	2,45	0,28	0,28	2,93	3,02
Perímetro	8,46	9,24	0,00	0,00	1,54	1,52	2,07	2,03	1,51	1,48	6,26	6,67
Fator de forma	13,98	12,26	3,11	3,21	5,99	5,65	2,51	2,45	1,99	2,03	2,00	2,04
Coeficiente de Compacidade	10,25	11,42	0,44	0,44	1,99	1,95	0,81	0,81	1,36	1,35	4,85	5,10
Compr. Total da Hidrografia	5,70	6,04	6,38	6,82	10,00	11,11	2,03	2,07	8,82	9,68	3,60	3,74
Densidade de drenagem	9,35	10,31	5,56	5,88	9,20	10,13	4,42	4,63	9,08	9,98	0,69	0,70
Comprimento do Talvegue	10,31	11,49	0,00	0,00	0,00	0,00	2,56	2,50	1,54	1,52	1,05	1,06
Declividade do Talvegue	<b>233,33</b>	<b>70,00</b>	<b>525,00</b>	<b>84,00</b>	<b>300,00</b>	<b>75,00</b>	<b>172,73</b>	<b>63,33</b>	<b>200,00</b>	<b>66,67</b>	<b>215,00</b>	<b>99,54</b>
Declividade Média da Bacia	0,00	0,00	2,56	2,63	0,00	0,00	2,22	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00

TABELA 12 - Diferenças encontradas entre os atributos medidos a partir do MDT e MDEHC LIDAR. As maiores diferenças estão em destaque por sub-bacia.

<b>Diferenças relativas em (%) dos Atributos medidos a partir do MDT e MDEHC LIDAR</b>												
<b>Sub-bacias</b>	<b>Botafogo</b>		<b>Cascavel</b>		<b>Macambira</b>		<b>Taquaral</b>		<b>Cavalo Morto</b>		<b>Outras</b>	
	<b>MDT</b>	<b>MDEHC</b>	<b>MDT</b>	<b>MDEHC</b>	<b>MDT</b>	<b>MDEHC</b>	<b>MDT</b>	<b>MDEHC</b>	<b>MDT</b>	<b>MDEHC</b>	<b>MDT</b>	<b>MDEHC</b>
<b>Área</b>	0,31	0,31	0,00	0,00	0,45	0,45	0,00	0,00	0,57	0,57	0,00	0,00
<b>Perímetro</b>	3,70	3,57	3,72	3,59	3,31	3,21	2,83	2,75	2,67	2,60	10,65	9,63
<b>Fator de forma</b>	2,30	2,35	36,55	26,77	2,08	2,04	11,04	9,94	4,11	3,95	0,96	0,97
<b>Coefficiente de Compacidade</b>	3,87	3,72	3,72	3,59	3,55	3,42	2,83	2,75	2,96	2,88	10,65	9,63
<b>Compr. Total da Hidrografia</b>	3,27	3,38	17,39	21,05	9,18	10,11	11,88	13,48	14,84	17,42	4,30	4,49
<b>Densidade de drenagem</b>	2,96	3,06	17,39	21,05	8,77	9,61	11,88	13,48	14,35	16,75	4,30	4,49
<b>Comprimento do Talvegue</b>	1,11	1,12	13,33	15,38	0,00	0,00	4,88	5,13	5,71	6,06	1,57	1,60
<b>Declividade do Talvegue</b>	<b>57,14</b>	<b>133,33</b>	<b>14,29</b>	<b>16,67</b>	<b>6,25</b>	<b>6,67</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>45,95</b>	<b>85,00</b>	<b>42,86</b>	<b>30,00</b>
<b>Declividade Média da Bacia</b>	7,81	8,47	5,36	5,66	3,70	3,85	5,00	5,26	3,17	3,28	5,71	6,06

Analisando os dados das Tabelas 11 e 12 é possível perceber que as maiores alterações em consequência da aplicação do método de consistência hidrológica ocorreram no atributo declividade do talvegue. Este atributo é uma informação primária para qualquer modelo hidrológico e quaisquer variações neste são propagadas para a vazão máxima de projeto.

As diferenças observadas entre o MDT LIDAR e o Topodata indicam maior alteração também no atributo declividade do talvegue para o MDT Topodata. Isto sugere que o tamanho da célula dos MDTs tem maior influência na declividade do terreno, como é possível observar na Tabela 13.

TABELA 13 - Diferenças encontradas entre os atributos medidos a partir do MDT LIDAR e MDT Topodata. As maiores diferenças estão em destaque por sub-bacia.

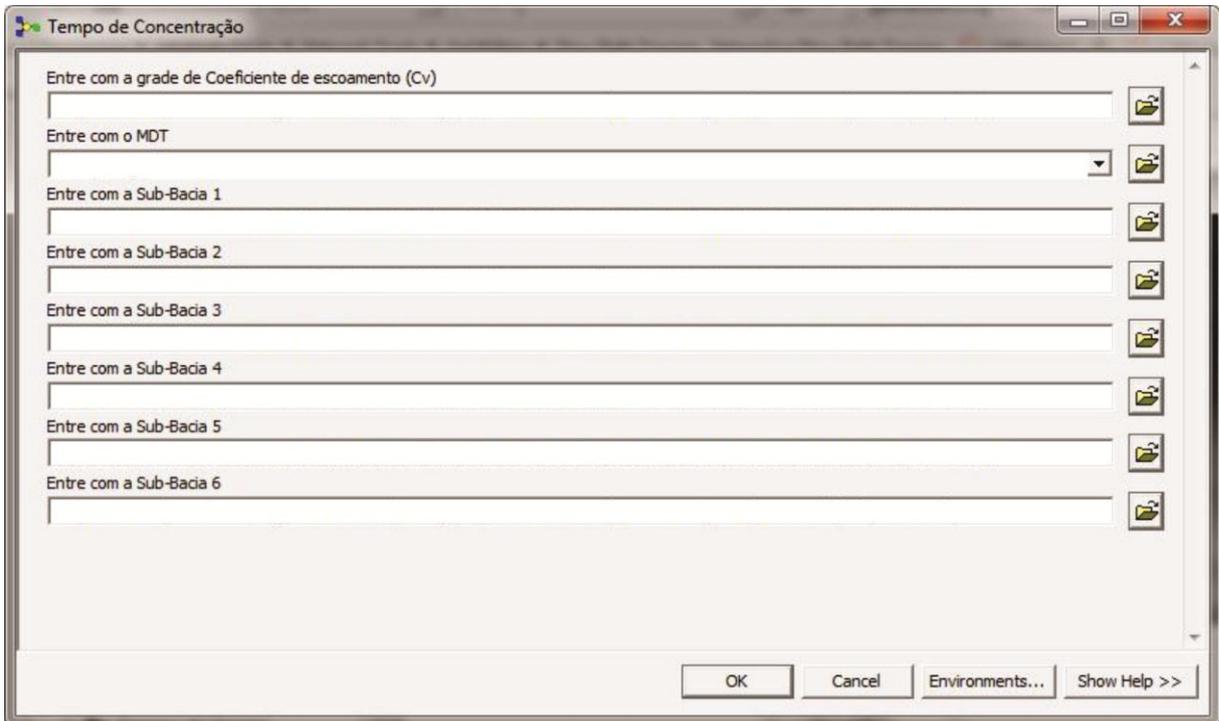
Diferenças relativas em (%) dos Atributos medidos a partir do MDT LIDAR e Topodata												
Sub-bacias	Botafogo		Cascavel		Macambira		Taquaral		Cavalo Morto		Outras	
	LIDAR	Topodata										
Área	6,88	7,38	3,00	2,92	2,71	2,64	1,76	1,79	1,70	1,67	1,99	1,96
Perímetro	6,35	5,97	4,52	4,33	7,62	7,08	4,25	4,44	1,48	1,51	3,13	3,03
Fator de forma	27,24	37,44	47,19	32,06	20,62	25,97	5,65	5,99	4,05	3,89	0,90	0,91
Coefficiente de Compacidade	10,20	9,26	2,99	2,90	6,18	5,82	3,40	3,51	2,31	2,37	2,11	2,07
Compr. Total da Hidrografia	3,27	3,16	12,42	14,18	2,04	2,00	7,50	8,11	6,59	7,06	4,58	4,80
Densidade de drenagem	10,89	9,82	14,98	17,61	0,66	0,66	5,84	6,20	8,15	8,88	6,45	6,89
Comprimento do Talvegue	7,78	7,22	13,33	15,38	1,54	1,56	4,88	5,13	7,14	7,69	0,00	0,00
Declividade do Talvegue	<b>57,14</b>	<b>133,33</b>	<b>77,14</b>	<b>337,50</b>	<b>68,75</b>	<b>220,00</b>	<b>72,50</b>	<b>263,64</b>	<b>72,97</b>	<b>270,00</b>	<b>88,10</b>	<b>740,00</b>
Declividade Média da Bacia	28,13	39,13	30,36	43,59	27,78	38,46	25,00	33,33	25,40	34,04	25,71	34,62

Entre os MDTs/MDEHCs, assim como entre os MDTs, de modo geral, houve grandes diferenças no atributo declividade do talvegue, que é obtido a partir da drenagem estimada e a declividade do terreno. A declividade média da bacia sofreu alterações em torno de 10 a 15% somente entre os MDTs, já entre MDTs/MDEHCs este atributo não teve alterações significativas.

#### 4.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

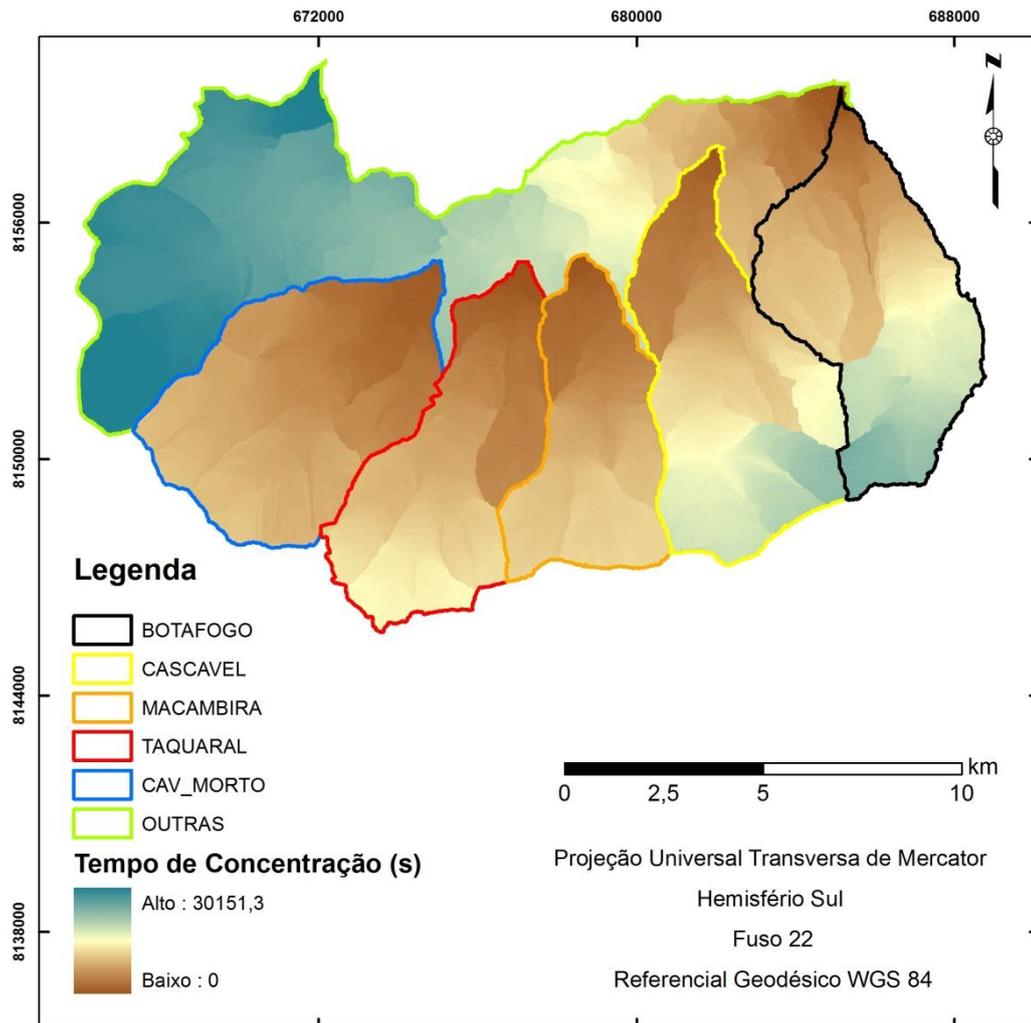
Várias etapas são necessárias até a geração da vazão máxima de projeto. E o tempo de concentração é uma delas. Como foi explicado anteriormente, foi utilizado o método cinemático para extração desta informação. A vantagem deste método para esta pesquisa está na possibilidade de construir o tempo de concentração pixel a pixel, e assim utilizar toda informação disponível no MDT/MDEHC. Para isto foram utilizadas grades contendo valores de coeficiente de escoamento, distância de escoamento entre os divisores de águas e o exutório das bacias (*flow length*), direção de escoamento (*flow direction*), e declividade gerada a partir dos MDTs e MDEHCs. As informações foram obtidas por meio da ferramenta da Figura 20, gerada com a finalidade de otimizar o tempo gasto no procedimento.

FIGURA 20 - Ferramenta elaborada (pelo autor) no programa ArcGis 9.3 para otimizar o processo de obtenção do tempo de concentração.



Para obter o tempo de concentração com a ferramenta da Figura 20, basta que o usuário forneça uma grade contendo os valores de coeficiente de escoamento, um MDT e neste caso, os shapes delimitando as sub-bacias. Como resultado é gerado uma grade por sub-bacia contendo os tempos de concentração, como mostra a Figura 21.

FIGURA 21 - Tempo de concentração pixel a pixel para todas as sub-bacias da área de estudo.



Este procedimento foi repetido para o MDT/MDEHC LIDAR e MDT/MDEHC Topodata. Foi considerado como tempo de concentração de cada sub-bacia o maior valor encontrado em cada grade do tempo de concentração gerada por sub-bacia, como pode ser visto na Tabela 14.

TABELA 14 - Tempos de concentração em minutos calculados por sub-bacia a partir dos MDTs e MDEHCs.

	LIDAR		TOPODATA	
	MDT	MDEHC	MDT	MDEHC
<b>Botafogo</b>	270	144	84	84
<b>Cascavel</b>	234	162	96	96
<b>Macambira</b>	142	114	48	54
<b>Taquaral</b>	174	120	66	66
<b>Cavalo Morto</b>	142	102	66	66
<b>Outras</b>	342	150	96	60

Os menores tempos de concentração observados na Tabela 14, gerados a partir dos MDEHCs, sugerem de modo geral que o método de consistência hidrológica utilizado influenciou na redução do tempo de concentração, que foi mais evidente para o MDT LIDAR. Para o MDT Topodata praticamente não houve alterações significativas, isto mostra que o tamanho da célula influenciou tanto na aplicação do método de consistência hidrológica como na extração do tempo de concentração.

#### 4.4 VAZÕES MÁXIMAS DE PROJETO

Em posse dos tempos de concentração e atributos físicos das bacias, foi possível calcular as vazões máximas de projeto por meio do programa disponível no Apêndice II. Os cálculos intermediários tais como hietograma de projeto, hidrograma unitário sintético triangular e curvilíneo e processo de convolução de hidrogramas unitários, encontram-se implícitos no mesmo. O programa solicita ao usuário o tempo de concentração em minutos e a área em km<sup>2</sup>. No primeiro momento ele calcula o hietograma de chuva e na sequência realiza todos os cálculos necessários até a extração da vazão máxima de projeto de cada período de retorno e as grava em uma matriz de dimensão 60 x 7.

As vazões foram calculadas a partir dos atributos dos MDTs/MDEHCs LIDAR e Topodata. A priori buscou-se analisar as diferenças absolutas entre as vazões geradas a partir dos MDTs e MDEHCs, como mostra a Tabela 15. No segundo momento, estas diferenças foram analisadas pelo método estatístico de Wilcoxon a um nível de significância de 5%. O restante das tabelas pode ser verificado no Apêndice III deste documento.

TABELA 15 - Diferenças absolutas encontradas entre o MDT e MDEHC LIDAR para sub-bacia do Córrego Botafogo em Goiânia, em que T representa o período de retorno e CN o número da curva ou "Curve Number".

Diferenças em m <sup>3</sup> /s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT e MDEHC LIDAR para Sub-bacia Botafogo							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,358	0,674	0,530	0,275	0,004	1,410	3,822
41	0,533	0,571	0,269	0,088	0,454	2,134	4,961
42	0,611	0,375	0,073	0,538	0,993	3,006	6,192
43	0,595	0,088	0,500	1,074	1,603	3,977	7,492
44	0,506	0,275	1,007	1,673	2,309	5,032	8,856
45	0,336	0,714	1,577	2,380	3,136	6,166	10,296
46	0,087	1,222	2,245	3,191	4,039	7,348	11,811
47	0,227	1,789	3,016	4,077	5,017	8,600	13,397
48	0,608	2,480	3,859	5,034	6,054	9,922	15,053
49	1,051	3,239	4,771	6,044	7,144	11,312	16,776
50	1,546	4,065	5,736	7,109	8,300	12,768	18,566
51	2,148	4,955	6,754	8,239	9,520	14,289	20,419
52	2,815	5,886	7,834	9,432	10,803	15,873	22,336
53	3,543	6,877	8,976	10,686	12,148	17,520	24,446
54	4,331	7,928	10,178	12,001	13,554	19,228	26,633
55	5,157	9,038	11,440	13,376	15,020	21,048	28,893
56	6,040	10,206	12,761	14,811	16,546	23,005	31,190
57	6,978	11,433	14,141	16,305	18,132	25,034	33,539
58	7,973	12,718	15,579	17,870	19,880	27,122	35,947
59	9,024	14,060	17,085	19,592	21,707	29,247	38,415
60	10,131	15,460	18,747	21,385	23,604	31,433	40,942
61	11,294	16,984	20,479	23,246	25,540	33,680	43,528
62	12,513	18,608	22,280	25,141	27,531	35,986	46,172
63	13,790	20,303	24,114	27,097	29,584	38,353	48,875
64	15,193	22,045	26,011	29,114	31,698	40,780	51,638
65	16,685	23,839	27,970	31,194	33,873	43,268	54,461
66	18,247	25,696	29,991	33,336	36,111	45,818	57,343
67	19,853	27,616	32,075	35,541	38,412	48,431	60,282
68	21,519	29,600	34,223	37,809	40,777	51,107	63,273
69	23,248	31,648	36,436	40,144	43,208	53,845	66,318
70	25,043	33,763	38,717	42,546	45,705	56,640	69,415
71	26,905	35,947	41,066	45,014	48,268	59,492	72,566
72	28,836	38,200	43,483	47,549	50,892	62,402	75,771
73	30,837	40,524	45,968	50,147	53,579	65,371	79,031
74	32,912	42,919	48,518	52,809	56,329	68,399	82,346
75	35,061	45,381	51,134	55,536	59,142	71,489	85,716
76	37,288	47,912	53,817	58,329	62,021	74,639	89,141
77	39,587	50,514	56,569	61,190	64,967	77,852	92,617
78	41,962	53,188	59,393	64,120	67,981	81,126	96,143
79	44,413	55,936	62,289	67,121	71,064	84,458	99,716
80	46,944	58,761	65,258	70,193	74,215	87,847	103,338
81	49,557	61,664	68,302	73,335	77,431	91,292	107,008
82	52,256	64,646	71,417	76,543	80,711	94,793	110,649
83	55,042	67,703	74,603	79,819	84,056	98,318	114,327
84	57,917	70,837	77,859	83,162	87,466	101,850	118,085
85	60,877	74,046	81,187	86,532	90,866	105,430	122,191
86	63,925	77,315	84,513	89,933	94,324	109,328	126,353
87	67,062	80,605	87,904	93,450	98,019	113,359	130,569
88	70,230	83,982	91,585	97,304	101,934	117,456	134,838
89	73,471	87,736	95,447	101,240	105,926	121,618	139,158
90	77,048	91,585	99,395	105,258	109,996	125,842	143,478
91	80,793	95,529	103,430	109,355	114,139	130,072	147,748
92	84,650	99,565	107,531	113,486	118,286	134,254	151,944
93	88,614	103,623	111,612	117,579	122,385	138,358	156,029
94	92,598	107,637	115,629	121,593	126,393	142,345	159,994
95	96,529	111,552	119,532	125,487	130,280	146,200	163,798
96	100,345	115,335	123,290	129,224	133,999	149,850	167,362
97	103,981	118,887	126,793	132,663	137,370	152,985	170,228
98	107,068	121,701	129,459	135,244	139,899	155,347	172,416
99	109,089	123,516	131,175	136,889	141,489	156,771	173,680

De imediato pode-se fazer a seguinte análise para esta sub-bacia do córrego Botafogo: a diferença entre as vazões máximas de projeto é diretamente proporcional ao valor de CN e período de retorno para valores de CN maiores do que 46, abaixo disto não foi identificado um padrão. Segundo Tomaz (2002) esta inconsistência ocorre devido aos valores de escoamento superficial estar abaixo de 12,7 mm para valores de CN próximos de 40, na etapa intermediária de aquisição dos hietogramas de precipitação excedente. Segundo o autor quando o escoamento superficial gerado é menor do que 12,7 mm não há necessidade de um valor CN, provavelmente isto pode gerar resultados inconsistentes.

Foi observada uma diferença de até 173,7 m<sup>3</sup>/s para um CN de 99 e período de retorno de 100 anos. Esta diferença notável pode ser explicada pelo fato do método de consistência hidrológica modificar a superfície do terreno, e conseqüentemente alterar a declividade, que por sua vez, influencia diretamente a saída de aplicações hidrológicas, como explica Wechsler (2007).

Para verificar se as diferenças encontradas são significativas ou não, foi aplicado o teste de Wilcoxon ao nível de significância de 5% para testar as hipóteses propostas no capítulo 5.2.4.6 deste documento. A análise foi feita por pares MDT/MDEHC para cada sub-bacia, os resultados do teste foram organizados em planilhas (Tabela 16) contendo P-Valores por período de retorno. Estes valores indicam a aceitação ou rejeição do teste, a partir daí é possível inferir algumas observações acerca do método aplicado e do tamanho da célula dos MDTs.

TABELA 16 - Teste de Wilcoxon aplicado para o MDT/MDEHC LIDAR da sub-bacia do córrego Botafogo.

<b>Teste de Wilcoxon entre MDT/MDEHC LIDAR - Sub-bacia Botafogo</b>							
<b>T</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>P-Valor</b>	9,51E-11	3,21E-11	2,26E-11	1,85E-11	1,67E-11	1,67E-11	1,67E-11
<b>H0</b>	Aceita						
<b>H1</b>	Rejeitada						

Como mostra a Tabela 16, a hipótese H0, em relação ao método aplicado, foi aceita em todos os períodos de retorno. Isto significa que é possível afirmar com uma probabilidade de erro de “P-Valor” por período de retorno, que as vazões geradas a partir dos atributos do MDT diferem das vazões geradas a partir dos atributos do MDEHC a um nível de significância de 5%. O teste foi repetido em todas as sub-bacias do MDT/MDEHC LIDAR e Topodata e o resultado obtido em todas as situações foi unânime. As planilhas encontram-se disponíveis no Apêndice IV deste documento.

Partindo desta premissa, pode-se dizer estatisticamente ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) que existe uma relação entre o método aplicado para consistência hidrológica de um MDT e a saída de modelos chuva-vazão. Vesakoski et al. (2014) encontraram resultados semelhantes em sua pesquisa. Eles afirmam que o método de aquisição, processamento e tamanho da grade do MDT influenciam a acurácia dos atributos hidrológicos.

Pires et al. (2005) e Chow (2010) compartilham da mesma opinião, eles consideram que o uso de diferentes métodos de interpolação traz resultados diferentes na extração de atributos do terreno digital e conseqüentemente afetam o resultado de análises hidrológicas. Entretanto, existe um consenso, de que, entre os diversos métodos de interpolação, o ANUDEM ou *Topo to Raster* – utilizado nesta pesquisa - fornece resultados mais confiáveis.

A segunda hipótese testada refere-se à influência do tamanho da célula dos MDTs na vazão máxima de projeto. Para isto, aplicou-se o teste de Wilcoxon aos pares de período de retorno entre os MDTs LIDAR e Topodata, conforme a Tabela 17.

TABELA 17 - Teste de Wilcoxon aplicado para o MDT LIDAR e Topodata da sub-bacia do córrego Botafogo.

Teste de Wilcoxon entre MDT LIDAR e Topodata - Sub-bacia Botafogo							
T	5	10	15	20	25	50	100
<b>P-Valor</b>	1,28E-09	2,62E-10	1,21E-10	7,45E-11	5,28E-11	2,50E-11	1,67E-11
<b>H0</b>	Aceita						
<b>H1</b>	Rejeitada						

Como o P-Valor encontrado é menor que 5%, ou seja, 0,05 então aceita-se a hipótese H0 em todos os períodos de retorno. Novamente pode-se afirmar com uma probabilidade de erro de “P-Valor” que as vazões geradas a partir dos atributos do MDT Topodata diferem das vazões geradas a partir dos atributos do MDT LIDAR. Então se pode deduzir com um nível de significância de 5% que existe uma relação entre o tamanho da célula e vazão máxima de projeto. Do mesmo modo, este teste foi repetido em todas as sub-bacias entre os períodos de retorno do MDT LIDAR e Topodata e todas as planilhas encontram-se disponíveis no Apêndice IV deste documento.

Esta relação entre o tamanho da célula ou escala do MDT e análise hidrológica é exaustivamente pesquisada na literatura técnica científica. Nourani e Zanardo (2014) analisaram os efeitos do tamanho da célula na extração do índice topográfico a partir de diferentes escalas de MDTs. Uma das conclusões é que com o aumento do tamanho da célula existe uma suavização do terreno, que reduz a declividade da paisagem o que é um problema

para aplicações em modelos distribuídos ou semi-distribuídos, como o TOPMODEL por exemplo.

A partir da comparação da Tabela 18, que demonstra as diferenças absolutas entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Topodata com célula de 30 metros e o MDT LIDAR com 3 metros, observa-se que para um valor de CN igual a 99 e um período de retorno de 100 anos houve uma diferença de aproximadamente  $330 \text{ m}^3/\text{s}$ , portanto uma diferença maior do que a proporcionada pela aplicação do método de consistência, que foi de aproximadamente  $173,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deste modo, pode-se afirmar então, analisando as hipóteses propostas anteriormente, que o tamanho da célula do MDT tem maior influência sobre as análises hidrológicas do que o método de correção aplicado.

TABELA 18 - Diferenças absolutas encontradas entre o MDT Topodata e MDT LIDAR para sub-bacia do Córrego Botafogo em Goiânia. Em que T representa o período de retorno e CN o número da curva ou "Curve Number".

CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,368	1,897	2,604	2,839	2,873	2,053	0,386
41	0,714	2,335	2,721	2,743	2,606	1,231	1,995
42	1,165	2,541	2,634	2,446	2,138	0,203	3,850
43	1,686	2,542	2,357	1,958	1,491	1,066	5,889
44	2,064	2,364	1,899	1,303	0,665	2,624	8,103
45	2,246	2,013	1,280	0,473	0,338	4,367	10,499
46	2,250	1,503	0,497	0,527	1,616	6,256	13,073
47	2,101	0,844	0,450	1,813	3,089	8,314	15,818
48	1,802	0,029	1,666	3,265	4,713	10,537	18,730
49	1,362	0,986	3,046	4,858	6,480	12,919	21,805
50	0,791	2,214	4,565	6,593	8,400	15,458	25,038
51	0,081	3,586	6,220	8,477	10,469	18,150	28,426
52	0,800	5,079	8,019	10,507	12,686	20,993	31,967
53	1,879	6,711	9,961	12,681	15,048	23,984	35,658
54	3,091	8,481	12,042	14,997	17,553	27,122	39,498
55	4,413	10,387	14,262	17,453	20,200	30,404	43,487
56	5,865	12,428	16,620	20,049	22,987	33,830	47,586
57	7,444	14,603	19,116	22,783	25,914	37,400	51,819
58	9,152	16,913	21,747	25,656	28,981	41,103	56,193
59	10,987	19,356	24,515	28,666	32,188	44,918	60,706
60	12,950	21,934	27,420	31,817	35,536	48,873	65,359
61	15,041	24,646	30,463	35,106	38,994	52,968	70,133
62	17,262	27,494	33,645	38,500	42,585	57,202	75,023
63	19,614	30,481	36,933	42,034	46,315	61,569	80,031
64	22,098	33,585	40,359	45,707	50,185	66,055	85,156
65	24,717	36,817	43,925	49,520	54,194	70,662	90,400
66	27,473	40,188	47,633	53,471	58,328	75,391	95,761
67	30,344	43,701	51,478	57,546	62,585	80,242	101,241
68	33,349	47,356	55,448	61,746	66,969	85,218	106,840
69	36,496	51,141	59,547	66,076	71,481	90,319	112,558
70	39,789	55,055	63,776	70,535	76,123	95,546	118,395
71	43,225	59,103	68,138	75,127	80,896	100,900	124,415
72	46,794	63,286	72,636	79,853	85,803	106,382	131,051
73	50,501	67,608	77,271	84,716	90,845	112,023	137,839
74	54,350	72,073	82,047	89,717	96,024	118,292	144,771
75	58,345	76,682	86,966	94,860	101,387	124,725	151,849
76	62,491	81,439	92,031	100,378	107,349	131,315	159,075
77	66,791	86,348	97,581	106,319	113,487	138,066	166,449
78	71,250	91,710	103,453	112,437	119,797	144,979	173,974
79	75,873	97,426	109,507	118,733	126,282	152,057	181,651
80	80,912	103,332	115,746	125,211	132,946	159,304	189,482
81	86,346	109,433	122,176	131,875	139,793	166,721	197,467
82	91,991	115,735	128,800	138,731	146,828	174,311	205,531
83	97,851	122,243	135,626	145,782	154,053	182,043	213,741
84	103,936	128,965	142,658	153,032	161,473	189,904	222,102
85	110,254	135,906	149,899	160,445	169,015	197,937	230,561
86	116,813	143,053	157,281	168,027	176,752	206,121	239,051
87	123,623	150,374	164,876	175,815	184,676	214,364	247,557
88	130,633	157,925	172,669	183,742	192,696	222,644	256,055
89	137,893	165,653	180,560	191,741	200,773	230,938	264,520
90	145,386	173,475	188,518	199,787	208,883	239,215	272,918
91	153,007	181,362	196,512	207,848	216,990	247,436	281,202
92	160,722	189,275	204,499	215,878	225,048	255,547	289,317
93	168,482	197,160	212,420	223,814	232,990	263,476	297,185
94	176,218	204,934	220,187	231,566	240,724	271,134	304,741
95	183,820	212,476	227,682	239,022	248,148	278,432	311,874
96	191,132	219,652	234,774	246,047	255,116	285,200	318,411
97	197,942	226,221	241,210	252,357	261,308	290,997	323,770
98	203,648	231,458	246,200	257,192	266,036	295,388	327,819
99	207,386	234,801	249,357	260,217	268,961	298,008	330,149

## 5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou estudar a relação entre as variáveis: vazão máxima de projeto, tamanho da célula e método de consistência hidrológica no contexto das incertezas das análises hidrológicas do qual estas variáveis fazem parte. Os resultados sugerem que esta relação existe e que é significativa.

O método de consistência hidrológica utilizado gerou resultados satisfatórios em relação à coincidência espacial entre as redes de drenagem estimadas e a obtida por órgão oficial. Entretanto, a sua aplicação deve ser criteriosa, buscando a realização de testes para obter melhores atributos a serem utilizados, e assim evitar ao máximo a mudança na paisagem digital. Desta forma é possível obter a consistência desejada sem que haja alterações significativas nas formas do terreno.

Em relação aos atributos físicos das sub-bacias pesquisadas, de modo geral, não houve grandes diferenças entre os MDTs/MDEHCs, exceto no atributo declividade do talvegue que sofreu uma alteração média de aproximadamente 200 %. Já entre os MDTs, além da alteração no atributo declividade do talvegue, houve alteração em torno de 10 a 15 % no atributo declividade média da bacia.

Como visto anteriormente estes atributos são de extrema importância na geração do tempo de concentração, que por sua vez, fornece uma informação essencial para construção da vazão máxima de projeto. Foi possível perceber ainda que o cálculo do tempo de concentração foi fortemente afetado pela declividade extraída a partir dos MDTs/MDEHCs utilizados, e que provavelmente influenciou nos resultados finais do modelo aplicado.

Outro fator facilmente notado nas análises foi a diferença encontrada em todas as etapas da pesquisa entre os diferentes MDTs analisados. O tamanho da célula se mostrou uma variável que merece atenção, pelo menos no que se refere às análises hidrológicas. Desde a correção dos MDTs até o resultado de saída do modelo chuva-vazão, houve uma diferença em alguns momentos de até 100%, como no caso da vazão máxima de projeto calculada para o MDT LIDAR de 3m e o MDT Topodata de 30 metros. Neste sentido, em municípios que não disponham de MDTs de alta resolução, não se recomenda o uso de MDTs de baixa ou média resolução, como o SRTM ou Topodata respectivamente, para análises hidrológicas complexas, como obtenção da vazão máxima de projeto. No entanto, é recomendável o seu uso para delineamento da rede de drenagem e limites da bacia hidrográfica.

Em relação às diferenças encontradas nas vazões de projeto entre os MDTs e MDEHCs, assim como, entre os MDTs, não foi possível afirmar qual superfície apresentou melhores resultados, pelo fato de não haver disponível um valor de vazão medido para que houvesse a possibilidade de comparação com os valores gerados. Porém, os resultados encontrados aqui, fornecem a oportunidade de comparação com outras pesquisas na mesma área de estudo, o que é de grande relevância, levando em consideração a escassez de dados hidrológicos destas sub-bacias urbanas da região de Goiânia.

Entretanto, esta dissertação cumpriu o seu objetivo de alertar sobre o uso indiscriminado de dados de informação de altitude. Foi possível perceber que existem diferenças, e que estas são significativas. Os usuários de dados hidrológicos já convivem diariamente com muitas incertezas que afetam a qualidade dos modelos. E o MDT por ser a base para estes modelos, deve ser visto como uma das maiores fontes de incerteza, devido à natureza complexa do terreno real, e as várias formas de aquisição e tratamento deste dado.

## 6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em trabalhos futuros, recomenda-se que seja calculado um valor de CN para cada sub-bacia, assim como, quando houver a possibilidade de se obter um valor de vazão nesta mesma área de pesquisa, compará-lo com os valores das planilhas do Apêndice V. Desta forma, será possível verificar a qualidade dos dados apresentados aqui e a eficácia do método de consistência hidrológica estudado.

Outra recomendação é utilizar o SRTM de 30m fornecido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), comparando os resultados gerados a partir deste MDT com o MDT Topodata, a fim de verificar se existem diferenças significativas entre as duas superfícies. É válido destacar que o SRTM de 30m não estava disponível à comunidade civil, a disponibilidade desta superfície só ocorreu no último ano, daí a possibilidade de testar mais um produto que pode vir a ser usado de forma livre com a consciência das limitações.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás - doi: 10.4025/actascihumansoc. v33i2. 13815. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011.
- Alves, L. V.; Taguchi, C. K.; de Oliveira, I. L.; de Sousa, M. D. G. C. Avaliação da tendência à quedas em idosos de Sergipe. *Revista CEFAC*, v. 16, n. 5, p. 1389-1396, 2014.
- ANSELMO, A. F. et al. Abundância, riqueza de espécies e sazonalidade de borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) visitantes florais em área de Caatinga e floresta ciliar no semiárido Paraibano. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, v. 10, n. 1, 2014.
- ARAGÃO, R. et al. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 17, n. 3, p. 243-252, 2013.
- BAND, L. E. Topographic partition of watersheds with digital elevation models. *Water resources research*, v. 22, n. 1, p. 15-24, 1986.
- BARBASSA, A. P.; DE CAMPOS, J. N. Comportamento Hidrológico de Áreas Urbanas Impermeabilizadas Diretamente Conectadas e Total. *RBRH, Porto Alegre*, v. 15, n. 4, p. 69-79, Out.-Dez. 2010.
- BARBOSA, G. O.; MUNSTER, M. de A. V. O efeito de um programa de equoterapia no desenvolvimento psicomotor de crianças com indicativos de transtorno de déficit de atenção e hiperatividade. *Rev. bras. educ. espec*, v. 20, n. 1, p. 69-84, 2014.
- BARROS, C. L. D. A.; SOUSA, A. L. L.; CHINEM, B. M.; RODRIGUES, R. B.; JARDIM, T. S. V.; CARNEIRO, S. B.; JARDIM, P. C. B. V. Impact of Light Salt Substitution for Regular Salt on Blood Pressure of Hypertensive Patients. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, n. AHEAD, p. 00-00, 2014.
- BOYD, M. J.; BUFILL, M. C.; KNEE, R. M. Predicting pervious and impervious storm runoff from urban drainage basins. *Hydrological Sciences Journal*, v. 39, n. 4, p. 321-332, 1994.
- BUARQUE F. C.; FERNANDO RIBEIRO, A.; MORENO MORCILLO, A.; PORTO ZAMBON, M.; BUARQUE ALMEIDA, M.; ROZOV, T. Efeitos do método Pilates na força muscular e na função pulmonar de pacientes com fibrose cística. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 40, n. 5, 2014.
- CALLOW, J. N.; VAN NIEL, K. P.; BOGGS, G. S. How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis? *Journal of Hydrology*, v. 332, n. 1, p. 30-39, 2007.
- CHANG, C. L.; CHAO, Y. C. Effects of spatial data resolution on runoff predictions by the BASINS model. *International Journal of Environmental Science and Technology*, p. 1-8, 2013.
- CHAPLOT, V. Impact of DEM mesh size and soil map scale on SWAT runoff, sediment, and NO<sub>3</sub>-N loads predictions. *Journal of Hydrology*, v. 312, n. 1, p. 207-222, 2005.

CHAVES, M. A. Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a bacia Amazônica. 2002. 115 f. 2002. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

CHOW, T. V. An Assessment of Hydrologic Enforcement Methods on Various Drainage Features. Proceedings of the Sixth International Conference of Geographic Information Science. 2010. Disponível em: [http://www.giscience2010.org/pdfs/paper\\_177.pdf](http://www.giscience2010.org/pdfs/paper_177.pdf), Acesso em, 10/mar/2014.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. Applied hydrology. 1. ed. United States of America. Tata McGraw-Hill Education, 1988.

COSTA, A.; PRADO, L. A. Espacialização de chuvas intensas para o Estado de Goiás e o sul de Tocantins. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 268-273, 2003.

COSTA, A. R.; SIQUEIRA, E. Q.; MENEZES FILHO, F. C. M. Curso Básico de Hidrologia Urbana: nível 3. Brasília. ReCESA, 2007. 130 p.

DAMÉ, R. C. F. et al. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-freqüência para Pelotas-RS. Engenharia Agrícola, v. 28, n. 2, p. 245-255, 2008.

DE ABREU COSTA, T. et al. Impacto da Implementação das Normas Internacionais de Contabilidade no Brasil: Evidências Empíricas no Setor Regulado e Não Regulado. Revista de Gestão e Contabilidade da UFPI, v. 1, n. 1, p. 40-61, 2014.

DE ALMEIDA, A. N. et al. Infraestrutura Brasileira para Produção de Madeira Serrada de Reflorestamento. Floresta e Ambiente, v. 21, n. 4, p. 449-456, 2014.

EL-SHEIMY, N. et al. Digital terrain modeling: acquisition, manipulation, and applications. Boston, MA: ArtechHouse, 2005.

ESRI, ArcGIS. 9.3 Help. Environmental Systems Research Institute (ESRI), <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9>, v. 3, 2011.

FARIA, N. O. Estudo da Impermeabilização, Monitoramento, Modelagem e Simulação de Cenários para a Bacia do Barbado-Cuiabá/MT. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2013.

FARR, T. G. et al. The shuttle radar topography mission. Reviews of geophysics, v. 45, n. 2, 2007. Features, Proceedings of the Sixth International Conference of Geographic Information Science. [http://www.giscience2010.org/pdfs/paper\\_177.pdf](http://www.giscience2010.org/pdfs/paper_177.pdf)

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. Modelagem numérica de terreno. FUKS, SD, CARVALHO, MS, CÂMARA, G. & MONTEIRO, AMV Análise Espacial de Dados Geográficos. 2001. Disponível em:< <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>>. Acesso em, 08/mai/2014.

FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L. Comparação entre métodos para geração de MDE para a obtenção de observações em superfície real no maciço da Tijuca-RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 2, n. 57, 2009.

FERREIRA, A. M. Métodos estatísticos e delineamento experimental: testes não paramétricos. Escola Superior Agrária Castelo Branco, 2004.

FERRERO, V. O. Hidrología computacional y modelos digitales del terreno: Teoría, práctica y filosofía de una nueva forma de análisis hidrológico. 2004. [http://www.gabrielortiz.com/descargas/Hidrologia\\_Computacional\\_MDT\\_SIG.pdf](http://www.gabrielortiz.com/descargas/Hidrologia_Computacional_MDT_SIG.pdf). Acesso em, 10/jan/2014.

FUGITA, O. et al. Drenagem Urbana: Manual de projeto. São Paulo, Brasil, CETESB DAEE, 1979.

GARBRECHT, J.; CAMPBELL, J. An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Watershed Segmentation and Subcatchment Parameterization: TOPAZ User Manual. USDA, Agricultural Research Service, Grazinglands Research Laboratory, 1997.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. *Eng. Sanit. Ambient*, v. 15, n. 1, 2010.

GENOVEZ, A. M. Avaliação dos métodos de estimação de vazões de enchente para pequenas bacias rurais do Estado de São Paulo. 1991. 245 f. Dissertação - Unicamp, Campinas-SP, 1991.

GENOVEZ, A. M.; ZUFFO, A. C. Chuvas intensas no Estado de São Paulo: Estudos existentes e análise comparativa. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 3, p. 45-58, 2000.

GHAFFARI, G. The impact of DEM resolution on runoff and sediment modelling results. *Research Journal of Environmental Sciences*, v. 5, n. 8, p. 691-702, 2011.

GOULDEN, T. et al. Sensitivity of watershed attributes to spatial resolution and interpolation method of LIDAR DEMs in three distinct landscapes. *Water Resources Research*, 2014.

HELLWEGER, F.; MAIDMENT, D. AGREE-DEM surface reconditioning system, 1997. Online at <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/ferdi/research/agree/agree.html>. Acesso em, 10/jan/2014.

HENGL, T.; REUTER, H. *Geomorphometry: concepts, software, applications*. 1. ed. Hungary, Elsevier, 2009.

HERNÁNDEZ, C. U. et al. Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para lageneración de modelos digitales de elevación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, n. 82, p. 118, 2013.

HOLLANDER, M. et al. Nonparametric statistical methods. New Jersey. John Wiley & Sons, 2013.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, v. 106, n. 3, p. 211-232, 1989.

IPLAN – Instituto de planejamento Municipal / IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/ UFG – Universidade Federal de Goiás. Mapa de Solos. Carta de Risco de Goiás. Goiânia, 1991.

JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, v. 54, n. 11, p. 1593-1600, 1988.

JENSON, S. K. Applications of hydrologic information automatically extracted from digital elevation models. *Hydrological Processes*, v. 5, n. 1, p. 31-44, 1991.

JUDAI, M. A. et al. Correlação entre Fases de Alfabetização Segundo Abordagem Construtivista e Idades de Escolares Iniciais. In: *Colloquium Humanarum*. p. 36-45, 2014.

KENNY, F.; MATTHEWS, B. A methodology for aligning raster flow direction data with photogrammetrically mapped hydrology. *Computers & Geosciences*, v. 31, n. 6, p. 768-779, 2005.

KIRPICH, Z. P. Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, v. 10, n. 6, p. 362, 1940.

KOKHANOV, A. A. et al. Morphometry of Large Craters on Phobos and Comparison With Other Bodies. In: 45th LPSC. In: *Proceedings of 45th Lunar and Planetary Science Conference*. 2014.

LAFLAMME, R. A. The application of the digital terrain model principle to the problem of highway location. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology. 1959.

LI, Z. et al. Digital terrain modeling: principles and methodology. CRC press, 2010.

LIN, S. et al. Effect of DEM resolution on SWAT outputs of runoff, sediment and nutrients. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, v. 7, n. 4, p. 4411-4435, 2010.

LLOYD, C. D.; ATKINSON, P. M. Deriving DSMs from LIDAR data with kriging. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n. 12, p. 2519-2524, 2002.

LONGO, A. J. et al. Equação de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel-PR. *Varia Scientia*, v. 6, n. 12, p. 16-30, 2006.

MARK, D. M. Network models in geomorphology. *Modelling Geomorphological Systems*. John Wiley and Sons New York. 1988. p 73-97, 11 fig, 3 tab, 60 ref. NSF Grant SES-8420789, 1988.

- MARTZ, L. W.; GARBRECHT, J. The treatment of flat areas and depressions in automated drainage analysis of raster digital elevation models. *Hydrological processes*, v. 12, n. 6, p. 843-855, 1998.
- MARTZ, L. W.; GARBRECHT, J. Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models. *Computers & Geosciences*, v. 18, n. 6, p. 747-761, 1992.
- MARTZ, L. W.; GARBRECHT, J. Digital elevation model issues in water resources modeling. *Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems*, p. 1-28, 2000.
- MCCUEN, R. H. *Hydrologic analysis and design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1989.
- MESQUITA, W. O. et al. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, v. 39, n. 2, p. 73-81, 2009.
- MILLER, C. L. *The theory and application of the digital terrain model*. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology, 1958.
- MIZGALEWICZ, P. J.; *Modeling agrichemical transport in midwest rivers using geographic information systems*. Tese de Doutorado. Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin, 1996.
- MOCKUS, V. *National Engineering Handbook*. 1. ed. United States of America. Soil Conservation Service, 1964.
- MOREIRA, G. T. G. Métrica para avaliação da Inconsistência Hidrológica de Terrenos Representados por MDE. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.
- MOREIRA, M. C. *Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água*. Viçosa, MG: UFV, 2006.
- MORRIS, D. G.; HEERDEGEN, R. G. Automatically derived catchment boundaries and channel networks and their hydrological applications. *Geomorphology*, v. 1, n. 2, p. 131-141, 1988.
- MOTA, A. A. *Tempo de concentração em pequena bacia experimental*. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina-SC, 2012.
- NIKULIN, M. et al. *Non-parametric Tests for Complete Data*. The United States: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- NOURANI, V.; ZANARDO, S. Wavelet-based regularization of the extracted topographic index from high-resolution topography for hydro-geomorphic applications. *Hydrological Processes*, v. 28, n. 3, p. 1345-1357, 2014.

O' CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer vision, graphics, and image processing*, v. 28, n. 3, p. 323-344, 1984.

OLIVEIRA, A. H. et al. Consistência hidrológica de modelos digitais de elevação (MDE) para definição da rede de drenagem na sub-bacia do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 4, p. 1259-1267, 2012.

OLIVEIRA, S. N. et al. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de parâmetros morfométricos usando modelo digital de elevação hidrológicamente corrigido. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8, n. 1, 2010.

PARFITT, J. M. B. et al. Impacts of land leveling on lowland soil physical properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 1, p. 315-326, 2014.

PETAU, A. et al. Analysis of Fluvial Processes and Mass Balances on Newton Crater's Rim, Mars. In: *European Planetary Science Congress 2013, held 8-13 September in London, UK*. Online at: <http://meetings.copernicus.org/epsc2013>, id. EPSC2013-178. 2013.

PETRIE, G.; KENNIE, T. J. M. Terrain modelling in surveying and civil engineering. *Computer-aided design*, v. 19, n. 4, p. 171-187, 1987.

PFAFSTETTER, Otto. *Chuvvas intensas no Brasil*. 1957.

PIRES, J. M. et al. Análise da exatidão de diferentes métodos de interpolação para geração de modelos digitais de elevação e obtenção de características morfométricas em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 2, p. 39-47, 2005.

PORTO, R. L. L. Escoamento Superficial Direto, In : TUCCI, C.E.M., PORTO, R. L. L., BARROS, M.T. (org.), 1995, *Drenagem Urbana*, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol. 5, Editora da Universidade, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, pp 107-165. 1995.

RIBEIRO, F. et al. Impactos da crise financeira de 2008: Um estudo sobre as variações do coeficiente beta no mercado de capitais brasileiro. *Revista Capital Científico-Eletrônica (RCCe)* - ISSN 2177-4153, v. 12, n. 1, p. 27-41, 2014.

RIBEIRO, H. J.; FERREIRA, N. C. Análise comparativa de redes hidrológicas geradas a partir de superfícies hidrológicamente consistentes. *Bol. Ciênc. Geod.* [online]. 2014, vol. 20, n.4, pp. 784-805. ISSN 1982-2170.

SAUNDERS, W. Preparation of DEMs for use in environmental modeling analysis. *Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems*. ESRI Press, New York, p. 29-52, 2000.

SCS, U. S. Urban hydrology for small watersheds. US Soil Conservation Service. Technical Release, v. 55, p. 13, 1986.

SCS. *National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. Washington, DC, 1972.

SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. 4ª. Edición. México, (DF): Ed. Trillas, 1995.

SILVA, B. M.; MONTENEGRO, S.; SILVA, F. D.; ARAÚJO FILHO, P. D. Chuvas intensas em localidades do Estado de Pernambuco. RBRH–Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 17, 2009.

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. N. Equações de intensidade-duração-freqüência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. Engenharia na Agricultura, v. 11, n. 1-4, 2003.

SILVA, D. D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. D. Chuvas intensas no Estado da Bahia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, 2002.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em bacias Urbanas e Rurais. RBRH, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 5-23, Jan.-Mar. 2005.

SILVEIRA, A. L. L. Equação para os coeficientes de desagregação de chuva. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, n.4, p.143-147, 2000.

SPRENT, P.; SMEETON, N. C. Applied nonparametric statistical methods. 3. ed. Washington, D.C., CRC Press, 2007.

SPUDIS, P. D.; MCGOVERN, P. J.; KIEFER, W. S. Large shield volcanoes on the Moon. Journal of Geophysical Research: Planets, v. 118, n. 5, p. 1063-1081, 2013.

TAN, Q.; XU, X. Comparative Analysis of Spatial Interpolation Methods: an Experimental Study. Sensors & Transducers, v. 165, p. 155-163, 2014.

TARBOTON, D. G. et al. The fractal nature of river networks. Water Resources Research, v. 24, n. 8, p. 1317-1322, 1988.

TARBOTON, D. G. The analysis of river basins and channel networks using digital terrain data. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology, 1989.

TOMAZ, P. Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais: piscinões, galerias, bueiros, canais; métodos SCS, Denver, Santa Bárbara, Racional, TR-55. São Paulo-SP, Navegar, 2002.

TUCCI, C. EM. Parâmetros do Hidrograma Unitário para bacias urbanas brasileiras. Artigo submetido à RBRH, 2002.

TUCCI, CEM-Hidrologia; HIDROLOGIA, M. ciência e aplicação. Porto Alegre, Editora da Universidade - ABRH-EPUSP, 1993.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 12, p. 3595-3602, 2005.

VESAKOSKI, J. M. et al. Nationwide Digital Terrain Models for Topographic Depression Modelling in Detection of Flood Detention Areas. *Water*, v. 6, n. 2, p. 271-300, 2014.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. In: *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill, 1975.

WALESH, S. G. Urban surface water management. John Wiley & Sons, 1989.

WECHSLER, S. P. Uncertainties associated with digital elevation models for hydrologic applications: a review. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, v. 11, n. 4, p. 1481-1500, 2007.

WISE, S. M. Effect of differing DEM creation methods on the results from a hydrological model. *Computers & Geosciences*, v. 33, n. 10, p. 1351-1365, 2007.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century. 26-31 January 1992. Dublin, Ireland.

ZHANG, H.; HUANG, G. H.; WANG, D.; ZHANG, X. Uncertainty assessment of climate change impacts on the hydrology of small prairie wetlands. *Journal of hydrology*, v. 396, n. 1, p. 94-103, 2011.

ZHOU, Q.; LEES, B. (Ed.). *Advances in digital terrain analysis*. Springer, 2008.



**APÊNDICE II** – Programa em linguagem Scilab para o cálculo da vazão máxima de projeto.

- Parte 1 – Script para o Cálculo do Hietograma de Projeto.

*// Calculo do hietograma de projeto para diversos periodos de retorno e tempos de concentração, pelo método dos blocos alternados.*

*// Autor: Hugo Ribeiro - PPGEMA*

*// Tempos de concentracao das sub-bacias estudadas, construidos a partir das declividades de mdts originais e corrigidos.*

*// matriz com tempos de concentração gerada a partir de dados LIDAR mdt original na 1ª linha e LIDAR corrigido na segunda linha, na seguinte ordem (botafogo, cascavel, macambira, taquaral, cavalo morto, outras).*

clc

clear

tc\_lid= [270 234 142 174 142 342; 144 162 114 120 102 150]

*// matriz com tempos de concentração gerados a partir de dado Topodata. Sequencia de valores iguais ao LIDAR.*

tc\_top= [84 96 48 66 66 96; 84 96 54 66 66 60]

*// Parametros para o calculo das intensidades em mm*

B=0.974711

C=24.8

B1=56.7928

B2=64.3044

alf=0.1471

bet=0.22

sigma=0.09

rho=0.6274

*// variável p1, p2, p3, p4 representam os passos para formar o vetor que servira como base para a distribuição (6, 4, 3, 1, 2, 5).*

*// calculo de uma sub-bacia ou um tempo de concentração para todos os períodos de retorno. As colunas da matriz p4 representam respectivamente os períodos de retorno observados na variável T*

m= tc

p1= [m]

[lc]= size(p1)

T= [5 10 15 20 25 50 100] *// períodos de retorno*

p2= (0:10:max(p1))' *// vetor com intervalos de tempo de 10 minutos*

p1= zeros(length(p2), 7)

[lc]= size(p1)

For i= 1:l

For j= 1:c

If T(1,1) == 5 then

p1(i,1)= (B1\*1.405) / (p2(i) + C) ^ B

if T(1,2) == 10 then

p1(i,2)= (B2\*T(1,2) ^ alf) / (p2(i)+C) ^ B

if T(1,3) == 15 then

p1(i,3)= (B2\*T(1,3) ^ alf) / (p2(i)+C) ^ B

if T(1,4) == 20 then

p1(i,4)= (B2\*T(1,4) ^ alf) / (p2(i)+C) ^ B

if T(1,5) == 25 then

p1(i,5)= (B2\*T(1,5) ^ alf) / (p2(i)+C) ^ B

if T(1,6) == 50 then

p1(i,6)= (B2\*T(1,6) ^ alf) / (p2(i)+C) ^ B

if T(1,7) == 100 then

p1(i,7)= (B2\*T(1,7) ^ alf) / (p2(i)+C) ^ B

end

```

        end
    end
end

end

end

end

end

end

end

end

end

for i= 1:l
for j= 1:c
p1(i,j)= p1(i,j) .* p2(i)
end
    end
disp(p1)

k= zeros(1,7)
p3= [k; p1]
p1= [p1; k]

for i= 1:l
for j= 1:c
p4(i,j)= p1(i,j) - p3(i,j)
end
    end
//disp(p4)

// Ordenamento dos valores incrementais conforme a literatura técnica científica (6, 4, 3, 1, 2, 5)
a= p4
a= gsort(a,"r","d")// matriz a em ordem decrescente
[lc]= size(a)

For i= 1:l
For j= 1:c
b= zeros(l,c)
if l < 6 then
b((l/2)+1, :)= a(1, 1:7)
b(((l/2)+1)+1, :)= a(2, 1:7)
b(((l/2)+1)-1, :)= a(3, 1:7)

```

```

b(((l/2)+1)-2, :)= a(4, 1:7)
b(((l/2)+1)+2, :)= a(5, 1:7)
    else
    b((l/2)+1, :)= a(1,1:7)
    b(((l/2)+1)+1, :)= a(2,1:7)
    b(((l/2)+1)-1, :)= a(3,1:7)
    b(((l/2)+1)-2, :)= a(4,1:7)
    b(((l/2)+1)+2, :)= a(5,1:7)
    b(((l/2)+1)-3, :)= a(6,1:7)
    end
        end
            end

// continuacao da composicao dos valores inferiores e superiores do hietograma de projeto

t= find(b(:, 1))'
[ll cc]= size(t)
cv= max(t)-2 // centro do vetor b

a2= a(7:l, 1:7); // submatriz com os valores da matriz a menos os centrais
[l c]= size(a2);

vi= a2([1:2:l] , [1:7]); // parte inferior da matriz a2
vs= a2([2:2:l],[1:7]); // parte superior da matriz a2
vs= gsort(vs,"r","i"); // ordem crescente da matriz vs

b= b([min(t):max(t)] , [1:7]);

hid= [vs; b; vi] // SAÍDA DO HIETOGRAMA DE PROJETO FINAL
//disp(hid)

sub= hid

```

- Parte 2 – Script para o Cálculo do Hidrograma de Projeto.

```

clc
clear

// dados de entrada
// índice de 1 a 6 representam respectivamente as sub-bacias: botafogo, cascavel, macambiras,
// taquaral, cavalo morto, outras.

//Alid= [32 33.3 22 28.4 35.3 70.2; 32 33.3 22 28.4 35.1 70.2];
//Atop= [29.8 34.3 22.7 27.9 35.9 71.6; 31 34 22.5 28.6 36 69.5];
//tc_lid= [270 234 142 174 142 342; 144 162 114 120 102 150];
//tc_top= [84 96 48 66 66 96; 84 96 54 66 66 60];

// atributos para o calculo dos hidrogramas unitários sintéticos

exec('blocos.sci');

tc= tc // variável de entrada
A= A

a= (0:10:tc)';
a= zeros(length(a),7);
a= hietograma(tc);

// atributos hidrograma unitário sintético do SCS

D_lid= 0.133*tc// duração da chuva
tp_lid= 0.6*tc
Tp_lid= tp_lid+(D_lid/2)// tempo de pico
tb_lid= 2.67*Tp_lid// tempo de base
Qp_lid= (2.08*A)/(Tp_lid/60)// vazão de pico

// calculo da precipitação excedente

hloa1= cumsum(a, :)
[l c]= size(hloa1)
pe1= zeros(l, c)

```

```
// calculo de S e Ia
```

```
S= (25400 / cn) - 254
```

```
Ia= 0.2 * S
```

```
// equação SCS
```

```
For i= 1:l
```

```
For j= 1:c
```

```
If hloa1(i, j) <= Ia then
```

```
pe1(i, j)= 0
```

```
else
```

```
pe1(i, j)= (hloa1(i, j) - Ia) ^ 2 / (hloa1(i, j) - Ia + S)
```

```
end
```

```
end
```

```
end
```

```
k= zeros(1, 7)
```

```
p3= [k; pe1]
```

```
p1= [pe1; k]
```

```
for i= 1:l
```

```
for j= 1:c
```

```
pe_final(i, j)= (p1(i, j) - p3(i, j)) ./ 10 // precipitação efetiva em cm
```

```
end
```

```
end
```

```
// hidrograma adimensional do SCS
```

```
t_tp= [00.10.20.30.40.50.60.70.80.911.11.21.31.41.51.61.71.81.922.22.42.62.833.23.43.63.844.55]
```

```
q_qp=[00.030.10.190.310.470.660.820.930.9910.990.930.860.780.680.560.460.390.330.280.2070.14
```

```
70.1070.0770.0550.040.0290.0210.0150.0110.0050]
```

```
[ll cc]= size(q_qp)
```

```
// cálculo do hidrograma sintético curvilíneo do SCS
```

```
t_tp_lido1= t_tp .* Tp_lid
```

```
q_qp_lido1= q_qp .* Qp_lid
```

```

t_tp_lido1= t_tp_lido1'
q_qp_lido1= q_qp_lido1'
k= 0: 10: max(t_tp_lido1)
k= k'
[la ca]= size(k)

xp= 0: 10: tc

// interpolação dos vetores para extração dos valores de q/qp com intervalos de 10 minutos

q_qp_lido_interp= interp1(t_tp_lido1,q_qp_lido1,xp,'linear')
q_qp1= q_qp_lido_interp

// calculo do hidrograma de projeto
// vetores de precipitação efetiva em cm

h1= pe_final(:,1)
h2= pe_final(:,2)
h3= pe_final(:,3)
h4= pe_final(:,4)
h5= pe_final(:,5)
h6= pe_final(:,6)
h7= pe_final(:,7)

exec('hidro.sci');
a= h1 // variável de entrada 1
b= q_qp1 // variável de entrada 2

H1= hidro_proj(a, b) // hidrograma de projeto para T= 5 anos

a= h2 // variável de entrada 1
b= q_qp1 // variável de entrada 2

H2= hidro_proj(a, b) // hidrograma de projeto para T= 10 anos

a= h3 // variável de entrada 1
b= q_qp1 // variável de entrada 2

```

H3= hidro\_proj(a, b) // hidrograma de projeto para T= 15 anos

a= h4 // variável de entrada 1

b= q\_qp1 // variável de entrada 2

H4= hidro\_proj(a, b) // hidrograma de projeto para T= 20 anos

a= h5 // variável de entrada 1

b= q\_qp1 // variável de entrada 2

H5= hidro\_proj(a, b) // hidrograma de projeto para T= 25 anos

a= h6 // variável de entrada 1

b= q\_qp1 // variável de entrada 2

H6= hidro\_proj(a, b) // hidrograma de projeto para T= 50 anos

a= h7 // variável de entrada 1

b= q\_qp1 // variável de entrada 2

H7= hidro\_proj(a, b) // hidrograma de projeto para T= 100 anos

hidro= [H1 H2 H3 H4 H5 H6 H7] // saída em matriz com todos períodos de retorno

//disp(hidro)

- Parte 3 – Função para o cálculo das matrizes de Hidrogramas de Projeto.

*// índice de 1 a 6 de tc\_lid, A\_lid, tc\_top e A\_top representam respectivamente as sub-bacias:  
botafogo, cascavel, macambiras, taquaral, cavalo morto, outras.*

*//tc\_lid= [270 234 142 174 142 342; 144 162 114 120 102 150];*

*//Alid= [ 32 33.3 22 28.4 35.3 70.2; 32 33.3 22 28.4 35.1 70.2];*

*//tc\_top= [84 96 48 66 66 96; 84 96 54 66 66 60];*

*//Atop= [ 29.8 34.3 22.7 27.9 35.9 71.6; 31 34 22.5 28.6 36 69.5];*

*// atributos para o calculo dos hidrogramas unitários sintéticos*

clc

clear

exec('hidro2.sci');

tc= input('Entre com o tempo de concentração em minutos: ');

A= input('Entre com a área em km2: ');

H=[ ]

for i= 40:99

    cn= i

    disp(cn)

    h= hidro2(cn)

    H= [H; h]

    linha= [-99-99-99-99-99-99-99]

    H=[H; linha]

    disp(H)

end

**APÊNDICE III** – Tabelas de diferenças absolutas entre MDTs e MDEHCs, assim como entre MDT LIDAR e MDT Topodata, para todas as sub-bacias.

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT e MDEHC LIDAR para Sub-bacia Botafogo							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,358	0,674	0,530	0,275	0,004	1,410	3,822
41	0,533	0,571	0,269	0,088	0,454	2,134	4,961
42	0,611	0,375	0,073	0,538	0,993	3,006	6,192
43	0,595	0,088	0,500	1,074	1,603	3,977	7,492
44	0,506	0,275	1,007	1,673	2,309	5,032	8,856
45	0,336	0,714	1,577	2,380	3,136	6,166	10,296
46	0,087	1,222	2,245	3,191	4,039	7,348	11,811
47	0,227	1,789	3,016	4,077	5,017	8,600	13,397
48	0,608	2,480	3,859	5,034	6,054	9,922	15,053
49	1,051	3,239	4,771	6,044	7,144	11,312	16,776
50	1,546	4,065	5,736	7,109	8,300	12,768	18,566
51	2,148	4,955	6,754	8,239	9,520	14,289	20,419
52	2,815	5,886	7,834	9,432	10,803	15,873	22,336
53	3,543	6,877	8,976	10,686	12,148	17,520	24,446
54	4,331	7,928	10,178	12,001	13,554	19,228	26,633
55	5,157	9,038	11,440	13,376	15,020	21,048	28,893
56	6,040	10,206	12,761	14,811	16,546	23,005	31,190
57	6,978	11,433	14,141	16,305	18,132	25,034	33,539
58	7,973	12,718	15,579	17,870	19,880	27,122	35,947
59	9,024	14,060	17,085	19,592	21,707	29,247	38,415
60	10,131	15,460	18,747	21,385	23,604	31,433	40,942
61	11,294	16,984	20,479	23,246	25,540	33,680	43,528
62	12,513	18,608	22,280	25,141	27,531	35,986	46,172
63	13,790	20,303	24,114	27,097	29,584	38,353	48,875
64	15,193	22,045	26,011	29,114	31,698	40,780	51,638
65	16,685	23,839	27,970	31,194	33,873	43,268	54,461
66	18,247	25,696	29,991	33,336	36,111	45,818	57,343
67	19,853	27,616	32,075	35,541	38,412	48,431	60,282
68	21,519	29,600	34,223	37,809	40,777	51,107	63,273
69	23,248	31,648	36,436	40,144	43,208	53,845	66,318
70	25,043	33,763	38,717	42,546	45,705	56,640	69,415
71	26,905	35,947	41,066	45,014	48,268	59,492	72,566
72	28,836	38,200	43,483	47,549	50,892	62,402	75,771
73	30,837	40,524	45,968	50,147	53,579	65,371	79,031
74	32,912	42,919	48,518	52,809	56,329	68,399	82,346
75	35,061	45,381	51,134	55,536	59,142	71,489	85,716
76	37,288	47,912	53,817	58,329	62,021	74,639	89,141
77	39,587	50,514	56,569	61,190	64,967	77,852	92,617
78	41,962	53,188	59,393	64,120	67,981	81,126	96,143
79	44,413	55,936	62,289	67,121	71,064	84,458	99,716
80	46,944	58,761	65,258	70,193	74,215	87,847	103,338
81	49,557	61,664	68,302	73,335	77,431	91,292	107,008
82	52,256	64,646	71,417	76,543	80,711	94,793	110,649
83	55,042	67,703	74,603	79,819	84,056	98,318	114,327
84	57,917	70,837	77,859	83,162	87,466	101,850	118,085
85	60,877	74,046	81,187	86,532	90,866	105,430	122,191
86	63,925	77,315	84,513	89,933	94,324	109,328	126,353
87	67,062	80,605	87,904	93,450	98,019	113,359	130,569
88	70,230	83,982	91,585	97,304	101,934	117,456	134,838
89	73,471	87,736	95,447	101,240	105,926	121,618	139,158
90	77,048	91,585	99,395	105,258	109,996	125,842	143,478
91	80,793	95,529	103,430	109,355	114,139	130,072	147,748
92	84,650	99,565	107,531	113,486	118,286	134,254	151,944
93	88,614	103,623	111,612	117,579	122,385	138,358	156,029
94	92,598	107,637	115,629	121,593	126,393	142,345	159,994
95	96,529	111,552	119,532	125,487	130,280	146,200	163,798
96	100,345	115,335	123,290	129,224	133,999	149,850	167,362
97	103,981	118,887	126,793	132,663	137,370	152,985	170,228
98	107,068	121,701	129,459	135,244	139,899	155,347	172,416
99	109,089	123,516	131,175	136,889	141,489	156,771	173,680

Diferenças em m <sup>3</sup> /s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT e MDEHC Lidar para Sub-bacia Cascavel							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,227	0,361	0,226	0,046	0,135	1,099	2,679
41	0,315	0,270	0,049	0,181	0,429	1,611	3,354
42	0,342	0,127	0,167	0,483	0,799	2,153	4,077
43	0,318	0,063	0,452	0,850	1,226	2,732	4,918
44	0,239	0,291	0,800	1,272	1,701	3,353	5,831
45	0,115	0,593	1,200	1,733	2,196	4,041	6,798
46	0,050	0,944	1,640	2,219	2,731	4,831	7,812
47	0,246	1,346	2,101	2,742	3,305	5,670	8,828
48	0,508	1,764	2,600	3,303	3,973	6,558	9,888
49	0,814	2,215	3,135	3,969	4,703	7,469	10,990
50	1,164	2,702	3,766	4,683	5,479	8,401	12,134
51	1,533	3,248	4,448	5,441	6,298	9,374	13,318
52	1,930	3,871	5,173	6,236	7,121	10,387	14,541
53	2,359	4,535	5,936	7,039	7,982	11,439	15,803
54	2,839	5,241	6,706	7,881	8,881	12,529	17,104
55	3,391	5,965	7,514	8,760	9,818	13,658	18,445
56	3,982	6,713	8,359	9,677	10,793	14,824	19,822
57	4,613	7,498	9,240	10,631	11,805	16,029	21,231
58	5,263	8,319	10,159	11,622	12,854	17,273	22,673
59	5,936	9,177	11,114	12,650	13,941	18,549	24,146
60	6,644	10,071	12,106	13,716	15,067	19,859	25,651
61	7,387	11,001	13,136	14,820	16,228	21,202	27,313
62	8,166	11,968	14,204	15,959	17,422	22,577	29,028
63	8,981	12,974	15,307	17,132	18,650	24,046	30,784
64	9,832	14,017	16,444	18,338	19,912	25,620	32,582
65	10,720	15,093	17,615	19,578	21,222	27,235	34,378
66	11,647	16,204	18,820	20,897	22,672	28,893	36,183
67	12,611	17,350	20,109	22,326	24,165	30,575	38,022
68	13,609	18,544	21,502	23,799	25,702	32,252	39,894
69	14,643	19,872	22,939	25,317	27,279	33,965	41,799
70	15,714	21,245	24,422	26,858	28,845	35,714	43,738
71	16,872	22,664	25,922	28,405	30,449	37,499	45,710
72	18,124	24,115	27,437	29,991	32,091	39,320	47,715
73	19,423	25,572	28,992	31,617	33,773	41,178	49,755
74	20,774	27,071	30,588	33,283	35,493	43,073	51,831
75	22,129	28,612	32,225	34,989	37,254	45,007	53,943
76	23,522	30,196	33,904	36,737	39,056	46,980	56,086
77	24,961	31,824	35,626	38,527	40,900	48,993	58,260
78	26,447	33,497	37,393	40,362	42,788	51,041	60,464
79	27,981	35,217	39,207	42,242	44,719	53,124	62,698
80	29,565	36,986	41,067	44,165	46,689	55,243	64,965
81	31,201	38,805	42,971	46,130	48,700	57,397	67,264
82	32,891	40,670	44,919	48,135	50,751	59,590	69,595
83	34,636	42,582	46,910	50,184	52,844	61,819	71,951
84	36,434	44,540	48,948	52,278	54,980	64,084	74,331
85	38,285	46,549	51,034	54,416	57,159	66,377	76,736
86	40,191	48,610	53,165	56,596	59,374	68,702	79,165
87	42,155	50,718	55,338	58,813	61,626	71,056	81,615
88	44,178	52,871	57,552	61,069	63,914	73,439	84,051
89	46,255	55,070	59,807	63,363	66,237	75,819	86,434
90	48,385	57,313	62,100	65,680	68,564	78,149	88,749
91	50,568	59,582	64,379	67,959	70,842	80,411	91,075
92	52,787	61,811	66,602	70,174	73,050	82,827	94,035
93	54,967	63,972	68,787	72,562	75,608	85,655	96,662
94	57,078	66,562	71,577	75,292	78,282	88,221	99,226
95	59,759	69,117	74,090	77,803	80,793	90,725	101,712
96	62,218	71,570	76,536	80,242	83,224	93,127	104,075
97	64,597	73,913	78,856	82,543	85,510	95,360	106,246
98	66,786	76,029	80,933	84,591	87,534	97,306	108,109
99	68,549	77,687	82,539	86,159	89,074	98,755	109,467

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT e MDEHC Lidar para Sub-bacia Macambira							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,006	0,404	0,538	0,596	0,624	0,599	0,280
41	0,122	0,485	0,571	0,603	0,609	0,481	0,060
42	0,258	0,528	0,578	0,584	0,569	0,336	0,187
43	0,359	0,545	0,561	0,540	0,485	0,153	0,461
44	0,429	0,539	0,520	0,451	0,373	0,055	0,760
45	0,466	0,510	0,437	0,337	0,225	0,288	1,083
46	0,482	0,453	0,329	0,188	0,051	0,543	1,431
47	0,477	0,362	0,189	0,016	0,146	0,821	1,800
48	0,453	0,245	0,025	0,178	0,364	1,121	2,193
49	0,407	0,101	0,159	0,392	0,603	1,442	2,606
50	0,327	0,063	0,364	0,627	0,862	1,784	3,015
51	0,225	0,246	0,587	0,881	1,141	2,146	3,516
52	0,099	0,448	0,830	1,155	1,439	2,519	4,043
53	0,045	0,668	1,092	1,447	1,758	2,925	4,594
54	0,207	0,907	1,372	1,759	2,095	3,391	5,170
55	0,385	1,164	1,671	2,090	2,426	3,880	5,771
56	0,581	1,439	1,989	2,422	2,839	4,393	6,395
57	0,794	1,731	2,306	2,827	3,274	4,929	7,048
58	1,025	2,025	2,696	3,254	3,732	5,489	7,730
59	1,272	2,372	3,108	3,705	4,213	6,075	8,436
60	1,536	2,755	3,542	4,177	4,717	6,688	9,162
61	1,800	3,160	3,999	4,673	5,244	7,329	9,909
62	2,119	3,586	4,478	5,193	5,799	7,990	10,676
63	2,469	4,036	4,982	5,739	6,381	8,672	11,463
64	2,839	4,508	5,512	6,313	6,985	9,375	12,271
65	3,232	5,006	6,069	6,909	7,611	10,098	13,099
66	3,647	5,531	6,649	7,526	8,258	10,843	13,948
67	4,085	6,080	7,249	8,164	8,926	11,609	14,821
68	4,549	6,651	7,871	8,824	9,616	12,397	15,719
69	5,041	7,243	8,515	9,506	10,328	13,207	16,643
70	5,555	7,858	9,181	10,210	11,063	14,044	17,591
71	6,092	8,495	9,870	10,937	11,820	14,908	18,557
72	6,651	9,155	10,583	11,689	12,605	15,798	19,542
73	7,234	9,840	11,321	12,469	13,419	16,709	20,545
74	7,841	10,550	12,088	13,278	14,260	17,640	21,566
75	8,473	11,289	12,885	14,114	15,123	18,590	22,606
76	9,131	12,059	13,707	14,971	16,007	19,561	23,664
77	9,819	12,856	14,553	15,851	16,914	20,552	24,742
78	10,539	13,677	15,421	16,753	17,843	21,563	25,845
79	11,290	14,523	16,313	17,678	18,794	22,599	26,972
80	12,067	15,393	17,229	18,627	19,769	23,662	27,930
81	12,871	16,289	18,170	19,602	20,771	24,692	28,878
82	13,702	17,210	19,140	20,607	21,803	25,607	29,926
83	14,562	18,163	20,141	21,589	22,721	26,504	31,248
84	15,452	19,150	21,047	22,462	23,601	27,717	32,596
85	16,378	20,010	21,906	23,334	24,631	29,011	33,975
86	17,288	20,848	22,928	24,555	25,877	30,338	35,384
87	18,104	21,955	24,152	25,811	27,159	31,700	36,824
88	19,038	23,172	25,415	27,107	28,479	33,098	38,295
89	20,207	24,433	26,720	28,444	29,840	34,531	39,792
90	21,425	25,741	28,070	29,823	31,242	35,995	41,294
91	22,695	27,096	29,465	31,243	32,677	37,467	42,803
92	24,020	28,494	30,886	32,678	34,124	38,950	44,316
93	25,393	29,911	32,324	34,130	35,586	40,438	45,824
94	26,791	31,346	33,775	35,590	37,053	41,921	47,316
95	28,210	32,790	35,226	37,046	38,512	43,385	48,777
96	29,634	34,222	36,659	38,478	39,942	44,805	50,183
97	31,033	35,609	38,037	39,849	41,307	46,147	51,496
98	32,348	36,890	39,300	41,097	42,544	47,346	52,653
99	33,440	37,752	40,042	41,750	43,124	47,692	52,747

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT e MDEHC Lidar para Sub-bacia Taquaral							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,089	0,579	0,629	0,576	0,465	0,183	1,381
41	0,292	0,599	0,554	0,409	0,234	0,568	2,078
42	0,438	0,568	0,397	0,181	0,024	1,018	2,853
43	0,513	0,449	0,181	0,079	0,339	1,563	3,662
44	0,530	0,269	0,065	0,393	0,711	2,222	4,496
45	0,504	0,054	0,362	0,762	1,136	2,943	5,383
46	0,402	0,201	0,712	1,191	1,690	3,662	6,323
47	0,247	0,505	1,116	1,741	2,306	4,431	7,314
48	0,059	0,859	1,638	2,345	2,953	5,248	8,355
49	0,163	1,296	2,214	2,970	3,619	6,114	9,443
50	0,427	1,813	2,812	3,622	4,330	7,026	10,579
51	0,736	2,377	3,435	4,319	5,087	7,983	11,760
52	1,115	2,943	4,101	5,059	5,888	8,986	12,986
53	1,571	3,552	4,809	5,843	6,733	10,033	14,256
54	2,071	4,202	5,561	6,670	7,620	11,123	15,569
55	2,574	4,894	6,353	7,539	8,550	12,256	16,925
56	3,115	5,626	7,188	8,450	9,522	13,432	18,327
57	3,696	6,399	8,064	9,402	10,536	14,649	19,775
58	4,316	7,213	8,980	10,396	11,592	15,910	21,259
59	4,974	8,067	9,938	11,431	12,689	17,216	22,771
60	5,672	8,961	10,937	12,507	13,827	18,564	24,429
61	6,408	9,896	11,977	13,625	15,010	19,924	26,130
62	7,184	10,872	13,058	14,788	16,238	21,413	27,874
63	8,000	11,889	14,184	15,994	17,503	22,968	29,661
64	8,856	12,949	15,354	17,228	18,812	24,567	31,490
65	9,752	14,054	16,550	18,546	20,241	26,211	33,362
66	10,690	15,199	17,836	19,953	21,714	27,898	35,280
67	11,671	16,384	19,205	21,405	23,232	29,630	37,244
68	12,698	17,687	20,621	22,904	24,797	31,409	39,254
69	13,757	19,036	22,083	24,449	26,407	33,236	41,303
70	14,897	20,432	23,592	26,041	28,065	35,112	43,391
71	16,121	21,876	25,150	27,682	29,775	37,032	45,519
72	17,393	23,370	26,758	29,376	31,536	38,993	47,685
73	18,716	24,914	28,420	31,122	33,344	40,997	49,890
74	20,090	26,514	30,134	32,914	35,197	43,044	52,135
75	21,516	28,169	31,896	34,753	37,096	45,135	54,420
76	23,001	29,873	33,706	36,639	39,042	47,268	56,747
77	24,544	31,628	35,566	38,574	41,036	49,446	59,118
78	26,142	33,434	37,475	40,558	43,077	51,673	61,534
79	27,795	35,293	39,436	42,591	45,169	53,948	63,987
80	29,505	37,206	41,450	44,678	47,313	56,271	66,473
81	31,273	39,175	43,520	46,821	49,513	58,636	68,992
82	33,100	41,204	45,648	49,020	51,764	61,040	71,544
83	34,990	43,294	47,834	51,269	54,060	63,482	74,131
84	36,948	45,445	50,070	53,564	56,402	65,964	76,753
85	38,976	47,648	52,355	55,906	58,787	68,487	79,409
86	41,068	49,905	54,690	58,297	61,222	71,053	82,092
87	43,222	52,216	57,079	60,740	63,705	73,657	84,745
88	45,437	54,587	59,521	63,232	66,236	76,247	87,376
89	47,720	57,015	62,013	65,753	68,766	78,814	89,822
90	50,071	59,479	64,494	68,247	71,277	81,204	92,003
91	52,474	61,923	66,969	70,645	73,587	83,331	94,055
92	54,865	64,215	69,098	72,733	75,655	85,322	95,969
93	57,076	66,237	71,078	74,680	77,575	87,480	99,026
94	59,034	68,103	73,075	76,966	80,103	90,543	102,119
95	61,028	70,847	76,074	79,978	83,124	93,585	105,170
96	63,973	73,820	79,055	82,963	86,110	96,568	108,139
97	66,896	76,738	81,965	85,865	89,004	99,432	110,963
98	69,702	79,496	84,695	88,574	91,696	102,063	113,526
99	72,155	81,857	87,008	90,852	93,946	104,224	115,596

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT e MDEHLidar para Sub-bacia Cavalto Morto							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,010	0,904	1,229	1,378	1,448	1,212	0,306
41	0,202	1,098	1,320	1,400	1,416	0,890	0,276
42	0,540	1,214	1,343	1,341	1,221	0,495	0,930
43	0,803	1,263	1,291	1,133	0,944	0,011	1,652
44	0,970	1,252	1,096	0,862	0,635	0,540	2,440
45	1,072	1,129	0,838	0,548	0,240	1,153	3,291
46	1,116	0,903	0,542	0,154	0,222	1,826	4,203
47	1,108	0,654	0,169	0,303	0,741	2,557	5,175
48	1,008	0,339	0,264	0,814	1,315	3,346	6,204
49	0,813	0,043	0,751	1,379	1,944	4,190	7,355
50	0,595	0,476	1,289	1,996	2,626	5,088	8,656
51	0,322	0,959	1,878	2,665	3,360	6,039	9,979
52	0,013	1,491	2,517	3,384	4,144	7,187	11,368
53	0,394	2,071	3,205	4,154	4,979	8,353	12,821
54	0,820	2,699	3,941	4,972	5,899	9,580	14,338
55	1,291	3,374	4,726	5,910	6,974	10,870	15,917
56	1,807	4,096	5,618	6,944	8,062	12,221	17,560
57	2,367	4,865	6,616	8,012	9,210	13,633	19,270
58	2,972	5,806	7,644	9,140	10,417	15,106	21,051
59	3,621	6,759	8,731	10,326	11,684	16,642	22,890
60	4,315	7,768	9,875	11,571	13,009	18,247	24,782
61	5,168	8,835	11,077	12,874	14,395	19,916	26,727
62	6,034	9,959	12,338	14,239	15,847	21,640	28,724
63	6,955	11,141	13,660	15,670	17,367	23,416	30,774
64	7,933	12,382	15,048	17,168	18,943	25,247	32,876
65	8,967	13,687	16,502	18,720	20,574	27,131	35,031
66	10,058	15,060	18,012	20,328	22,259	29,069	37,239
67	11,209	16,491	19,576	21,990	23,999	31,062	39,504
68	12,425	17,978	21,196	23,708	25,795	33,110	41,830
69	13,708	19,520	22,872	25,482	27,647	35,215	44,218
70	15,049	21,120	24,606	27,314	29,556	37,385	46,664
71	16,447	22,779	26,398	29,204	31,525	39,619	49,157
72	17,903	24,497	28,251	31,157	33,561	41,916	51,695
73	19,420	26,276	30,167	33,178	35,664	44,264	54,279
74	20,999	28,120	32,154	35,268	37,834	46,663	56,909
75	22,642	30,036	34,212	37,423	40,059	49,112	59,585
76	24,352	32,025	36,333	39,633	42,339	51,612	62,307
77	26,136	34,081	38,512	41,900	44,675	54,163	65,079
78	27,998	36,198	40,750	44,224	47,067	56,766	67,906
79	29,935	38,376	43,047	46,607	49,516	59,426	70,788
80	31,938	40,617	45,405	49,049	52,022	62,148	73,416
81	34,009	42,923	47,826	51,554	54,595	64,837	76,042
82	36,151	45,294	50,315	54,129	57,237	67,359	78,611
83	38,364	47,740	52,878	56,689	59,715	69,868	81,106
84	40,652	50,264	55,312	59,097	62,154	72,310	83,516
85	43,026	52,610	57,692	61,488	64,543	74,674	86,408
86	45,403	54,943	60,025	63,813	66,860	77,174	89,929
87	47,657	57,219	62,286	66,060	69,095	80,579	93,520
88	49,885	59,419	64,650	68,928	72,398	84,065	97,180
89	52,045	62,132	67,913	72,266	75,793	87,631	100,900
90	54,489	65,396	71,278	75,701	79,281	91,268	104,635
91	57,662	68,770	74,745	79,229	82,846	94,930	108,387
92	60,962	72,244	78,279	82,799	86,448	98,616	112,143
93	64,374	75,768	81,854	86,407	90,079	102,309	115,881
94	67,850	79,335	85,456	90,031	93,718	105,984	119,575
95	71,373	82,913	89,053	93,637	97,330	109,603	123,184
96	74,900	86,455	92,594	97,174	100,862	113,109	126,650
97	78,356	89,878	95,993	100,554	104,224	116,410	129,878
98	81,593	93,028	99,095	103,620	107,261	119,351	132,715
99	84,275	95,295	101,144	105,509	109,022	120,695	133,610

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT e MDEHC Lidar para Sub-bacia Outras							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,889	1,020	0,282	0,631	1,553	5,859	12,990
41	1,121	0,556	0,585	1,754	2,880	8,080	16,065
42	1,116	0,162	1,649	3,072	4,436	10,515	19,350
43	0,897	1,078	2,898	4,634	6,315	13,152	22,837
44	0,493	2,162	4,376	6,481	8,384	15,983	26,476
45	0,130	3,425	6,130	8,513	10,644	18,999	30,352
46	0,924	4,964	8,060	10,726	13,082	22,183	34,598
47	1,864	6,694	10,165	13,110	15,693	25,509	39,040
48	2,962	8,592	12,437	15,662	18,473	29,160	43,672
49	4,297	10,651	14,870	18,377	21,385	33,055	48,489
50	5,810	12,865	17,461	21,215	24,481	37,130	53,485
51	7,475	15,233	20,175	24,272	27,901	41,383	58,658
52	9,285	17,738	23,089	27,615	31,494	45,808	64,002
53	11,239	20,369	26,289	31,127	35,257	50,404	69,516
54	13,334	23,286	29,655	34,805	39,187	55,168	75,200
55	15,559	26,396	33,185	38,648	43,282	60,098	81,048
56	17,902	29,666	36,877	42,654	47,540	65,194	87,059
57	20,501	33,096	40,729	46,822	51,961	70,454	93,216
58	23,289	36,685	44,742	51,151	56,545	75,877	99,456
59	26,229	40,431	48,915	55,642	61,292	81,456	105,834
60	29,324	44,336	53,250	60,296	66,201	87,150	112,349
61	32,573	48,401	57,746	65,112	71,271	92,962	119,000
62	35,976	52,627	62,405	70,087	76,485	98,914	125,788
63	39,536	57,014	67,223	75,195	81,801	105,008	132,712
64	43,254	61,565	72,174	80,417	87,262	111,244	139,772
65	47,134	66,269	77,243	85,785	92,869	117,623	146,968
66	51,177	71,079	82,461	91,301	98,622	124,145	154,445
67	55,384	76,040	87,828	96,967	104,525	130,811	162,312
68	59,737	81,152	93,347	102,784	110,578	137,661	170,327
69	64,214	86,419	99,021	108,754	116,782	144,989	178,487
70	68,848	91,844	104,851	114,879	123,140	152,475	186,797
71	73,642	97,430	110,840	121,243	129,977	160,120	195,255
72	78,600	103,179	117,114	128,030	137,007	167,926	203,864
73	83,728	109,151	123,767	134,990	144,208	175,896	212,623
74	89,027	115,562	130,599	142,126	151,583	184,030	221,533
75	94,504	122,159	137,613	149,442	159,136	192,331	230,594
76	100,409	128,945	144,813	156,941	166,869	200,799	239,809
77	106,569	135,926	152,204	164,627	174,785	209,437	249,172
78	112,934	143,106	159,790	172,502	182,886	218,248	258,676
79	119,511	150,490	167,573	180,570	191,177	227,224	268,322
80	126,307	158,083	175,558	188,835	199,659	236,363	278,108
81	133,328	165,889	183,749	197,296	208,325	245,664	288,037
82	140,582	173,915	192,143	205,948	217,176	255,130	298,107
83	148,075	182,154	200,736	214,791	226,213	264,761	308,318
84	155,814	190,608	209,534	223,831	235,440	274,558	318,584
85	163,795	199,282	218,540	233,070	244,857	284,484	328,930
86	172,024	208,179	227,756	242,509	254,462	294,482	339,382
87	180,507	217,305	237,167	252,075	264,145	304,614	349,938
88	189,251	226,607	246,689	261,781	273,990	314,876	360,589
89	198,240	236,064	256,393	271,655	283,993	325,262	371,328
90	207,401	245,719	266,276	281,694	294,149	335,763	382,048
91	216,800	255,570	276,332	291,889	304,445	346,259	392,645
92	226,434	265,605	286,513	302,141	314,736	356,638	403,060
93	236,287	275,675	296,639	312,297	324,908	366,827	413,212
94	246,172	285,637	306,611	322,265	334,868	376,728	423,036
95	255,932	295,365	316,303	331,927	344,504	386,588	434,097
96	265,402	304,953	326,418	342,446	355,355	398,183	445,486
97	275,991	316,239	337,607	353,552	366,389	409,029	456,192
98	286,632	326,698	347,967	363,836	376,609	419,033	466,950
99	295,979	335,704	356,797	372,536	385,207	427,302	473,875

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar e MDT Topodata para Sub-bacia Botafogo							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	0,368	1,897	2,604	2,839	2,873	2,053	0,386
42	0,714	2,335	2,721	2,743	2,606	1,231	1,995
43	1,165	2,541	2,634	2,446	2,138	0,203	3,850
44	1,686	2,542	2,357	1,958	1,491	1,066	5,889
45	2,064	2,364	1,899	1,303	0,665	2,624	8,103
46	2,246	2,013	1,280	0,473	0,338	4,367	10,499
47	2,250	1,503	0,497	0,527	1,616	6,256	13,073
48	2,101	0,844	0,450	1,813	3,089	8,314	15,818
49	1,802	0,029	1,666	3,265	4,713	10,537	18,730
50	1,362	0,986	3,046	4,858	6,480	12,919	21,805
51	0,791	2,214	4,565	6,593	8,400	15,458	25,038
52	0,081	3,586	6,220	8,477	10,469	18,150	28,426
53	0,800	5,079	8,019	10,507	12,686	20,993	31,967
54	1,879	6,711	9,961	12,681	15,048	23,984	35,658
55	3,091	8,481	12,042	14,997	17,553	27,122	39,498
56	4,413	10,387	14,262	17,453	20,200	30,404	43,487
57	5,865	12,428	16,620	20,049	22,987	33,830	47,586
58	7,444	14,603	19,116	22,783	25,914	37,400	51,819
59	9,152	16,913	21,747	25,656	28,981	41,103	56,193
60	10,987	19,356	24,515	28,666	32,188	44,918	60,706
61	12,950	21,934	27,420	31,817	35,536	48,873	65,359
62	15,041	24,646	30,463	35,106	38,994	52,968	70,133
63	17,262	27,494	33,645	38,500	42,585	57,202	75,023
64	19,614	30,481	36,933	42,034	46,315	61,569	80,031
65	22,098	33,585	40,359	45,707	50,185	66,055	85,156
66	24,717	36,817	43,925	49,520	54,194	70,662	90,400
67	27,473	40,188	47,633	53,471	58,328	75,391	95,761
68	30,344	43,701	51,478	57,546	62,585	80,242	101,241
69	33,349	47,356	55,448	61,746	66,969	85,218	106,840
70	36,496	51,141	59,547	66,076	71,481	90,319	112,558
71	39,789	55,055	63,776	70,535	76,123	95,546	118,395
72	43,225	59,103	68,138	75,127	80,896	100,900	124,415
73	46,794	63,286	72,636	79,853	85,803	106,382	131,051
74	50,501	67,608	77,271	84,716	90,845	112,023	137,839
75	54,350	72,073	82,047	89,717	96,024	118,292	144,771
76	58,345	76,682	86,966	94,860	101,387	124,725	151,849
77	62,491	81,439	92,031	100,378	107,349	131,315	159,075
78	66,791	86,348	97,581	106,319	113,487	138,066	166,449
79	71,250	91,710	103,453	112,437	119,797	144,979	173,974
80	75,873	97,426	109,507	118,733	126,282	152,057	181,651
81	80,912	103,332	115,746	125,211	132,946	159,304	189,482
82	86,346	109,433	122,176	131,875	139,793	166,721	197,467
83	91,991	115,735	128,800	138,731	146,828	174,311	205,531
84	97,851	122,243	135,626	145,782	154,053	182,043	213,741
85	103,936	128,965	142,658	153,032	161,473	189,904	222,102
86	110,254	135,906	149,899	160,445	169,015	197,937	230,561
87	116,813	143,053	157,281	168,027	176,752	206,121	239,051
88	123,623	150,374	164,876	175,815	184,676	214,364	247,557
89	130,633	157,925	172,669	183,742	192,696	222,644	256,055
90	137,893	165,653	180,560	191,741	200,773	230,938	264,520
91	145,386	173,475	188,518	199,787	208,883	239,215	272,918
92	153,007	181,362	196,512	207,848	216,990	247,436	281,202
93	160,722	189,275	204,499	215,878	225,048	255,547	289,317
94	168,482	197,160	212,420	223,814	232,990	263,476	297,185
95	176,218	204,934	220,187	231,566	240,724	271,134	304,741
96	183,820	212,476	227,682	239,022	248,148	278,432	311,874
97	191,132	219,652	234,774	246,047	255,116	285,200	318,411
98	197,942	226,221	241,210	252,357	261,308	290,997	323,770
99	203,648	231,458	246,200	257,192	266,036	295,388	327,819

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar e MDT Topodata para Sub-bacia Cascavel							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	0,297	1,719	2,149	2,226	2,135	0,928	1,877
42	0,650	1,973	2,135	2,003	1,744	0,012	3,405
43	1,126	2,040	1,928	1,589	1,169	1,117	5,091
44	1,526	1,930	1,539	1,001	0,418	2,393	6,987
45	1,744	1,640	0,985	0,245	0,498	3,828	9,188
46	1,804	1,193	0,271	0,664	1,555	5,393	11,557
47	1,713	0,595	0,591	1,712	2,767	7,244	14,087
48	1,465	0,152	1,585	2,907	4,107	9,284	16,727
49	1,081	1,020	2,720	4,221	5,609	11,476	19,516
50	0,564	2,024	3,972	5,724	7,366	13,793	22,451
51	0,085	3,150	5,395	7,448	9,264	16,230	25,528
52	0,844	4,382	7,040	9,309	11,302	18,805	28,744
53	1,723	5,857	8,819	11,300	13,435	21,515	32,096
54	2,715	7,475	10,725	13,390	15,699	24,358	35,582
55	3,803	9,220	12,726	15,608	18,091	27,332	39,201
56	5,102	11,069	14,853	17,952	20,610	30,436	42,953
57	6,541	13,028	17,104	20,421	23,256	33,668	46,836
58	8,099	15,107	19,478	23,015	26,028	37,030	50,850
59	9,757	17,308	21,975	25,734	28,925	40,521	54,993
60	11,517	19,629	24,595	28,576	31,947	44,140	59,265
61	13,394	22,071	27,337	31,544	35,096	47,889	63,663
62	15,387	24,635	30,204	34,638	38,373	51,766	68,175
63	17,497	27,320	33,197	37,860	41,777	55,771	72,795
64	19,724	30,131	36,317	41,209	45,310	59,898	77,522
65	22,071	33,068	39,565	44,687	48,972	64,137	82,359
66	24,540	36,132	42,942	48,295	52,763	68,487	87,261
67	27,133	39,325	46,449	52,029	56,669	72,950	92,243
68	29,853	42,650	50,084	55,879	60,690	77,506	97,332
69	32,702	46,105	53,835	59,846	64,828	82,131	102,527
70	35,682	49,681	57,705	63,932	69,079	86,868	107,828
71	38,798	53,378	61,696	68,115	73,394	91,719	113,237
72	42,045	57,198	65,781	72,382	77,828	96,683	119,203
73	45,417	61,129	69,961	76,771	82,381	101,763	125,364
74	48,917	65,147	74,265	81,283	87,057	107,340	131,660
75	52,549	69,292	78,695	85,920	91,856	113,160	138,087
76	56,271	73,569	83,255	90,761	97,142	119,127	144,645
77	60,121	77,979	88,113	96,108	102,677	125,237	151,336
78	64,112	82,653	93,391	101,622	108,370	131,491	158,160
79	68,246	87,778	98,838	107,295	114,219	137,892	165,119
80	72,600	93,081	104,451	113,129	120,226	144,442	172,214
81	77,449	98,557	110,232	119,128	126,395	151,141	179,448
82	82,491	104,209	116,185	125,295	132,729	157,995	186,820
83	87,723	110,043	122,314	131,634	139,231	165,004	194,333
84	93,152	116,064	128,623	138,149	145,906	172,172	201,986
85	98,784	122,277	135,119	144,846	152,757	179,500	209,781
86	104,627	128,688	141,806	151,727	159,788	186,989	217,665
87	110,688	135,304	148,688	158,795	167,001	194,618	225,568
88	116,977	142,129	155,769	166,056	174,388	202,293	233,473
89	123,502	149,169	163,033	173,442	181,857	209,991	241,361
90	130,269	156,371	170,379	180,884	189,367	217,690	249,207
91	137,253	163,647	177,775	188,356	196,895	225,361	256,975
92	144,345	170,971	185,191	195,830	204,408	232,965	264,645
93	151,508	178,306	192,587	203,259	211,859	240,480	272,180
94	158,699	185,598	199,917	210,613	219,229	247,766	279,193
95	165,856	192,817	207,082	217,694	226,233	254,576	285,885
96	172,862	199,577	213,748	224,314	232,814	261,018	292,151
97	179,357	205,919	219,998	230,492	238,933	266,929	297,827
98	185,335	211,649	225,592	235,984	244,344	272,073	302,686
99	190,394	216,373	230,666	241,368	249,982	278,594	310,236

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar e MDT Topodata para Sub-bacia Macambira							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	0,006	0,872	1,875	2,865	3,799	7,627	11,104
42	0,126	1,461	2,728	3,906	4,992	8,814	11,623
43	0,386	2,196	3,715	5,081	6,309	9,710	11,823
44	0,779	3,061	4,830	6,348	7,475	10,309	11,716
45	1,291	4,048	6,039	7,426	8,402	10,623	11,314
46	1,928	5,153	7,076	8,272	9,067	10,663	10,644
47	2,679	6,222	7,895	8,866	9,477	10,439	9,736
48	3,537	7,094	8,475	9,218	9,641	9,961	8,596
49	4,500	7,746	8,823	9,333	9,565	9,260	7,232
50	5,448	8,179	8,946	9,219	9,257	8,348	5,648
51	6,227	8,397	8,849	8,881	8,732	7,229	3,910
52	6,816	8,407	8,538	8,339	8,013	5,909	1,997
53	7,212	8,212	8,028	7,610	7,105	4,400	0,115
54	7,419	7,819	7,338	6,696	6,009	2,768	2,423
55	7,440	7,249	6,469	5,601	4,729	0,950	4,926
56	7,277	6,508	5,425	4,325	3,308	1,052	7,621
57	6,934	5,598	4,205	2,927	1,742	3,239	10,509
58	6,431	4,519	2,862	1,373	0,001	5,608	13,591
59	5,770	3,290	1,369	0,353	1,913	8,159	16,868
60	4,953	1,943	0,291	2,249	4,001	10,895	20,341
61	3,978	0,433	2,118	4,317	6,265	13,819	24,009
62	2,864	1,240	4,115	6,558	8,704	16,933	27,873
63	1,636	3,077	6,282	8,974	11,324	20,236	31,934
64	0,252	5,081	8,622	11,571	14,128	23,731	36,194
65	1,288	7,254	11,141	14,350	17,117	27,420	40,654
66	2,987	9,601	13,842	17,315	20,294	31,305	45,316
67	4,848	12,128	16,726	20,468	23,663	35,388	50,183
68	6,876	14,837	19,799	23,812	27,227	39,674	55,260
69	9,076	17,732	23,064	27,353	30,988	44,166	60,518
70	11,455	20,818	26,526	31,093	34,953	48,868	65,842
71	14,018	24,100	30,189	35,039	39,125	53,773	71,220
72	16,769	27,584	34,058	39,194	43,510	58,766	76,653
73	19,715	31,275	38,140	43,568	48,109	63,824	82,138
74	22,864	35,179	42,444	48,133	52,815	68,946	87,675
75	26,221	39,307	46,925	52,783	57,595	74,130	93,260
76	29,797	43,634	51,488	57,509	62,448	79,377	98,891
77	33,599	48,053	56,131	62,312	67,375	84,682	104,564
78	37,630	52,558	60,855	67,191	72,373	90,045	110,276
79	41,783	57,150	65,659	72,144	77,441	95,459	116,024
80	46,033	61,827	70,541	77,170	82,576	100,925	121,801
81	50,382	66,590	75,500	82,264	87,774	106,437	127,406
82	54,829	71,435	80,531	87,425	93,034	111,929	132,995
83	59,376	76,359	85,633	92,649	98,349	117,306	138,566
84	64,018	81,361	90,801	97,875	103,567	122,684	144,104
85	68,754	86,436	95,897	103,005	108,761	128,047	152,127
86	73,583	91,411	100,967	108,149	113,957	134,503	161,435
87	78,443	96,396	106,048	113,289	119,284	143,473	170,916
88	83,244	101,392	111,652	120,642	127,952	152,647	180,559
89	88,079	108,021	120,190	129,386	136,854	162,012	190,345
90	93,597	116,535	128,981	138,367	145,977	171,551	200,251
91	101,825	125,317	138,014	147,569	155,305	181,237	210,275
92	110,365	134,352	147,266	156,965	164,809	191,069	220,399
93	119,201	143,609	156,713	166,545	174,488	201,023	230,572
94	128,300	153,083	166,350	176,287	184,305	211,035	240,718
95	137,657	162,730	176,109	186,113	194,177	221,009	250,736
96	147,201	172,442	185,872	195,900	203,976	230,807	260,475
97	156,774	182,037	195,449	205,452	213,502	240,219	269,722
98	166,092	191,211	204,527	214,454	222,439	248,925	278,161
99	174,631	199,436	212,583	222,384	230,268	256,426	285,315

Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar e MDT Topodata para Sub-bacia Taquaral							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	0,089	1,405	2,697	3,744	4,423	5,732	5,564
42	0,336	2,159	3,574	4,394	4,887	5,633	4,756
43	0,726	3,028	4,199	4,797	5,139	5,278	3,683
44	1,253	3,717	4,588	4,994	5,159	4,675	2,422
45	1,908	4,176	4,784	4,971	4,953	3,835	1,016
46	2,664	4,445	4,770	4,731	4,526	2,772	0,562
47	3,270	4,524	4,552	4,280	3,884	1,598	2,306
48	3,679	4,412	4,130	3,623	3,034	0,266	4,211
49	3,922	4,108	3,513	2,767	2,031	1,218	6,272
50	4,002	3,617	2,704	1,780	0,911	2,850	8,487
51	3,914	2,943	1,764	0,672	0,350	4,629	10,851
52	3,657	2,103	0,710	0,572	1,749	6,550	13,362
53	3,235	1,171	0,477	1,950	3,284	8,613	16,016
54	2,649	0,112	1,793	3,462	4,953	10,813	19,041
55	1,908	1,073	3,239	5,104	6,755	13,151	22,405
56	1,085	2,382	4,812	6,876	8,688	15,640	25,952
57	0,145	3,815	6,511	8,776	10,751	18,616	29,683
58	0,911	5,371	8,337	10,805	12,945	21,767	33,598
59	2,083	7,049	10,289	12,962	15,442	25,093	37,698
60	3,371	8,851	12,367	15,484	18,251	28,598	41,909
61	4,775	10,776	14,792	18,252	21,228	32,282	46,271
62	6,296	12,905	17,465	21,188	24,378	36,122	50,810
63	7,935	15,390	20,304	24,296	27,703	40,073	55,526
64	9,693	18,038	23,315	27,578	31,204	44,199	60,416
65	11,675	20,853	26,498	31,028	34,810	48,501	65,460
66	13,964	23,839	29,846	34,581	38,579	52,981	70,656
67	16,415	26,999	33,302	38,308	42,524	57,624	76,007
68	19,031	30,275	36,932	42,212	46,647	62,422	81,516
69	21,818	33,710	40,740	46,296	50,943	67,378	87,184
70	24,773	37,323	44,728	50,547	55,397	72,497	93,014
71	27,843	41,118	48,885	54,959	60,013	77,781	99,006
72	31,090	45,088	53,204	59,537	64,797	83,233	105,163
73	34,520	49,223	57,692	64,286	69,753	88,856	111,486
74	38,137	53,529	62,356	69,210	74,885	94,653	117,979
75	41,928	58,014	67,199	74,314	80,195	100,626	124,643
76	45,896	62,682	72,225	79,602	85,690	106,780	131,480
77	50,049	67,539	77,442	85,079	91,372	113,117	138,497
78	54,394	72,592	82,852	90,750	97,247	119,642	145,642
79	58,938	77,845	88,463	96,619	103,320	126,361	152,841
80	63,691	83,306	94,280	102,693	109,596	133,200	160,091
81	68,659	88,981	100,310	108,980	116,073	140,107	167,385
82	73,851	94,879	106,559	115,435	122,657	147,078	174,713
83	79,277	101,003	112,944	121,980	129,325	154,105	182,066
84	84,948	107,265	119,424	128,610	136,068	161,178	189,436
85	90,856	113,630	125,992	135,317	142,878	168,288	196,809
86	96,904	120,091	132,640	142,090	149,744	175,422	204,166
87	103,073	126,640	139,356	148,918	156,656	182,562	211,486
88	109,356	133,262	146,127	155,786	163,593	189,685	218,741
89	115,739	139,945	152,933	162,671	170,533	196,761	225,928
90	122,209	146,662	159,746	169,541	177,442	203,778	232,859
91	128,741	153,380	166,529	176,368	184,303	210,553	239,424
92	135,296	160,066	173,276	183,050	190,903	216,965	245,721
93	141,837	166,552	179,603	189,332	197,157	223,095	251,695
94	148,154	172,670	185,656	195,328	203,106	228,887	257,301
95	154,109	178,464	191,359	200,964	208,685	234,264	262,438
96	159,698	183,845	196,620	206,131	213,776	239,129	269,905
97	164,784	188,638	202,506	212,888	221,249	249,035	279,777
98	172,142	198,292	212,177	222,535	230,873	258,559	289,161
99	181,470	207,455	221,240	231,521	239,795	267,259	297,609

<b>Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar e MDT Topodata para Sub-bacia Cavalto Morto</b>							
<b>CN</b>	<b>T=5</b>	<b>T=10</b>	<b>T=15</b>	<b>T=20</b>	<b>T=25</b>	<b>T=50</b>	<b>T=100</b>
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	0,010	1,398	3,008	4,376	5,296	7,227	7,681
42	0,202	2,344	4,175	5,291	6,004	7,306	7,007
43	0,619	3,477	5,052	5,915	6,425	7,122	6,031
44	1,250	4,417	5,654	6,266	6,587	6,655	4,806
45	2,071	5,094	5,998	6,385	6,546	5,916	3,375
46	3,056	5,527	6,119	6,300	6,255	4,926	1,746
47	3,882	5,726	6,049	5,975	5,720	3,743	0,074
48	4,482	5,757	5,749	5,415	4,947	2,378	2,081
49	4,872	5,580	5,226	4,629	3,975	0,838	4,269
50	5,059	5,190	4,485	3,660	2,837	0,874	6,633
51	5,095	4,593	3,566	2,531	1,537	2,754	9,072
52	4,952	3,803	2,493	1,245	0,077	4,799	11,624
53	4,621	2,862	1,267	0,196	1,539	6,990	14,330
54	4,104	1,775	0,108	1,789	3,309	9,223	17,480
55	3,412	0,544	1,630	3,532	5,231	11,602	21,037
56	2,582	0,830	3,300	5,425	7,235	14,146	24,798
57	1,618	2,346	5,115	7,376	9,332	17,286	28,764
58	0,521	4,002	6,994	9,439	11,567	20,623	32,938
59	0,709	5,772	8,978	11,638	14,165	24,155	37,321
60	2,071	7,601	11,096	14,278	17,134	27,885	41,914
61	3,567	9,561	13,633	17,206	20,292	31,819	46,716
62	5,167	11,756	16,461	20,322	23,640	35,957	51,726
63	6,831	14,381	19,474	23,627	27,185	40,300	56,947
64	8,622	17,188	22,675	27,129	30,930	44,850	62,374
65	10,673	20,178	26,072	30,831	34,877	49,607	67,982
66	13,093	23,361	29,668	34,735	39,028	54,575	73,767
67	15,691	26,740	33,465	38,843	43,386	59,734	79,731
68	18,473	30,319	37,467	43,160	47,955	65,074	85,880
69	21,446	34,102	41,678	47,688	52,725	70,596	92,218
70	24,616	38,094	46,102	52,412	57,681	76,307	98,749
71	27,989	42,299	50,721	57,322	62,824	82,214	105,475
72	31,569	46,709	55,529	62,424	68,160	88,320	112,399
73	35,364	51,311	60,532	67,724	73,698	94,630	119,522
74	39,378	56,110	65,738	73,231	79,445	101,147	126,848
75	43,593	61,114	71,156	78,951	85,404	107,876	134,380
76	48,013	66,335	76,791	84,890	91,582	114,820	142,122
77	52,644	71,779	82,651	91,052	97,983	121,984	150,075
78	57,500	77,454	88,742	97,445	104,614	129,373	158,178
79	62,592	83,367	95,071	104,075	111,481	136,990	166,342
80	67,928	89,526	101,645	110,949	118,590	144,745	174,560
81	73,519	95,940	108,472	118,074	125,934	152,577	182,516
82	79,376	102,619	115,557	125,394	133,401	160,385	190,468
83	85,509	109,563	122,798	132,816	140,960	168,023	198,419
84	91,932	116,663	130,145	140,246	148,370	175,686	206,353
85	98,632	123,879	137,384	147,535	155,759	183,356	214,254
86	105,489	130,945	144,597	154,868	163,179	191,014	222,103
87	112,398	138,043	151,853	162,226	170,610	198,642	229,874
88	119,222	145,188	159,130	169,586	178,031	206,213	237,532
89	126,123	152,355	166,404	176,925	185,413	213,690	245,035
90	133,075	159,519	173,643	184,205	192,717	221,024	252,330
91	140,050	166,637	180,798	191,373	199,887	228,157	259,408
92	147,001	173,648	187,805	198,362	206,858	235,074	266,240
93	153,859	180,475	194,599	205,135	213,612	241,733	272,749
94	160,532	187,081	201,158	211,648	220,084	248,041	278,845
95	166,974	193,388	207,371	217,785	226,156	253,882	284,414
96	173,062	199,240	213,085	223,393	231,677	259,156	293,085
97	178,584	204,430	219,709	231,158	240,381	271,043	304,990
98	187,161	216,027	231,363	242,807	252,020	282,620	316,455
99	198,493	227,229	242,476	253,849	263,001	293,386	326,967

<b>Diferenças em m3/s entre as vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar e MDT Topodata para Sub-bacia Outras</b>							
<b>CN</b>	<b>T=5</b>	<b>T=10</b>	<b>T=15</b>	<b>T=20</b>	<b>T=25</b>	<b>T=50</b>	<b>T=100</b>
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	0,965	3,678	4,139	3,860	3,234	1,233	10,044
42	1,687	3,934	3,713	2,881	1,812	4,073	14,489
43	2,585	3,731	2,794	1,420	0,072	7,366	19,345
44	3,261	3,089	1,415	0,482	2,402	11,108	24,715
45	3,479	1,986	0,381	2,802	5,128	15,257	30,752
46	3,307	0,487	2,578	5,506	8,263	19,749	37,200
47	2,758	1,396	5,141	8,602	11,789	24,890	44,053
48	1,809	3,633	8,080	12,069	15,647	30,462	51,298
49	0,514	6,222	11,378	15,850	19,908	36,411	58,922
50	1,119	9,160	14,980	20,086	24,733	42,728	66,917
51	3,068	12,413	19,000	24,807	29,902	49,403	75,274
52	5,330	15,944	23,508	29,870	35,417	56,430	83,983
53	7,906	20,028	28,347	35,270	41,271	63,802	93,039
54	10,772	24,443	33,514	41,002	47,460	71,513	102,438
55	13,894	29,176	39,005	47,062	53,978	79,558	112,174
56	17,500	34,225	44,817	53,445	60,822	87,935	122,243
57	21,427	39,587	50,947	60,150	67,990	96,641	132,641
58	25,654	45,260	57,394	67,174	75,479	105,674	143,363
59	30,177	51,243	64,155	74,516	83,289	115,032	154,347
60	34,999	57,537	71,231	82,177	91,420	124,713	165,648
61	40,118	64,140	78,623	90,157	99,872	134,686	177,263
62	45,536	71,055	86,333	98,457	108,644	144,953	189,160
63	51,255	78,285	94,362	107,077	117,733	155,537	201,332
64	57,277	85,831	102,710	116,003	127,098	166,426	213,778
65	63,607	93,697	111,364	125,217	136,783	177,597	226,497
66	70,250	101,885	120,310	134,754	146,787	189,052	239,489
67	77,209	110,352	129,581	144,607	157,086	200,793	252,754
68	84,491	119,146	139,169	154,755	167,678	212,821	266,294
69	92,088	128,267	149,056	165,201	178,567	225,137	280,107
70	99,986	137,695	159,247	175,949	189,756	237,743	294,195
71	108,220	147,432	169,745	187,003	201,249	250,643	308,560
72	116,786	157,484	180,556	198,366	213,048	263,837	324,144
73	125,673	167,856	191,684	210,044	225,159	277,330	340,187
74	134,887	178,554	203,135	222,041	237,586	291,919	356,565
75	144,437	189,585	214,915	234,362	250,333	307,076	373,266
76	154,332	200,956	227,029	247,174	264,162	322,598	390,291
77	164,580	212,674	239,833	261,111	278,576	338,474	407,644
78	175,193	225,013	253,584	275,460	293,383	354,708	425,329
79	186,180	238,368	267,759	290,208	308,577	371,307	443,346
80	197,702	252,166	282,345	305,357	324,167	388,276	461,699
81	210,337	266,396	297,350	320,918	340,160	405,618	480,389
82	223,456	281,067	312,786	336,900	356,565	423,339	499,419
83	237,053	296,194	328,663	353,310	373,389	441,443	518,790
84	251,142	311,789	344,991	370,157	390,638	459,935	538,504
85	265,742	327,863	361,779	387,450	408,322	478,819	558,480
86	280,870	344,428	379,039	405,199	426,448	498,061	578,643
87	296,544	361,500	396,780	423,410	445,015	517,568	598,881
88	312,783	379,088	414,994	442,021	463,908	537,217	619,158
89	329,605	397,153	433,570	460,916	483,023	556,957	639,427
90	347,007	415,574	452,379	479,982	502,279	576,737	659,630
91	364,869	434,218	471,352	499,169	521,620	596,492	679,691
92	383,036	453,026	490,421	518,404	540,971	616,133	699,515
93	401,432	471,914	509,495	537,588	560,229	635,547	718,974
94	419,955	490,758	528,441	556,584	579,250	654,577	737,901
95	438,452	509,382	547,071	575,195	597,834	673,010	756,113
96	456,686	527,519	565,112	593,154	615,721	690,627	773,374
97	474,293	544,835	582,247	610,143	632,586	706,979	789,023
98	490,780	560,653	597,683	625,287	647,494	721,173	802,535
99	504,745	573,802	611,504	639,711	662,416	737,823	821,211







**APÊNDICE V** – Planilhas de Vazões Máximas de Projeto Geradas a partir do Programa do Apêndice II, em que T representa o período de retorno.

<b>Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar para Sub-bacia Botafogo</b>							
<b>CN</b>	<b>T=5</b>	<b>T=10</b>	<b>T=15</b>	<b>T=20</b>	<b>T=25</b>	<b>T=50</b>	<b>T=100</b>
40	0,368	1,926	3,222	4,386	5,453	9,735	15,769
41	0,714	2,674	4,184	5,524	6,725	11,481	18,024
42	1,165	3,524	5,264	6,770	8,104	13,334	20,384
43	1,713	4,484	6,447	8,118	9,600	15,289	22,861
44	2,363	5,545	7,728	9,582	11,201	17,342	25,455
45	3,101	6,700	9,119	11,143	12,898	19,489	28,143
46	3,935	7,953	10,605	12,796	14,685	21,758	30,924
47	4,859	9,305	12,180	14,538	16,562	24,118	33,793
48	5,866	10,743	13,841	16,365	18,537	26,566	36,747
49	6,960	12,264	15,585	18,293	20,612	29,100	39,784
50	8,145	13,867	17,426	20,316	22,772	31,717	42,901
51	9,408	15,551	19,360	22,421	25,015	34,414	46,096
52	10,748	17,336	21,374	24,606	27,338	37,191	49,367
53	12,164	19,201	23,469	26,872	29,740	40,046	52,712
54	13,654	21,144	25,642	29,215	32,221	42,976	56,128
55	15,240	23,165	27,892	31,636	34,778	45,981	59,611
56	16,902	25,262	30,219	34,132	37,411	49,058	63,197
57	18,639	27,435	32,621	36,704	40,118	52,205	66,861
58	20,451	29,683	35,098	39,351	42,899	55,434	70,593
59	22,337	32,007	37,650	42,071	45,752	58,761	74,392
60	24,297	34,404	40,275	44,863	48,676	62,158	78,257
61	26,332	36,877	42,973	47,727	51,702	65,626	82,188
62	28,441	39,422	45,744	50,698	54,806	69,164	86,183
63	30,626	42,040	48,621	53,743	57,984	72,771	90,240
64	32,885	44,753	51,573	56,861	61,234	76,447	94,360
65	35,219	47,553	54,599	60,053	64,558	80,191	98,540
66	37,628	50,430	57,701	63,320	67,954	84,002	102,782
67	40,138	53,383	60,879	66,660	71,423	87,880	107,084
68	42,731	56,414	64,132	70,075	74,965	91,824	111,446
69	45,405	59,523	67,461	73,563	78,578	95,836	115,867
70	48,160	62,710	70,866	77,125	82,264	99,914	120,349
71	50,998	65,976	74,348	80,762	86,023	104,060	124,889
72	53,919	69,322	77,906	84,474	89,855	108,272	129,488
73	56,924	72,747	81,542	88,261	93,761	112,552	134,143
74	60,015	76,254	85,256	92,125	97,741	116,897	138,856
75	63,193	79,843	89,050	96,066	101,797	121,309	143,626
76	66,459	83,517	92,925	100,084	105,927	125,787	148,453
77	69,816	87,275	96,881	104,180	110,132	130,331	153,336
78	73,265	91,119	100,917	108,354	114,412	134,942	158,275
79	76,808	95,049	105,036	112,606	118,768	139,620	163,268
80	80,448	99,066	109,237	116,938	123,201	144,364	168,315
81	84,185	103,173	113,523	121,351	127,711	149,172	173,416
82	88,021	107,370	117,894	125,843	132,298	154,046	178,645
83	91,959	111,658	122,349	130,416	136,961	159,017	183,937
84	96,002	116,038	126,890	135,070	141,701	164,102	189,285
85	100,150	120,510	131,517	139,846	146,594	169,255	194,688
86	104,404	125,096	136,306	144,741	151,570	174,477	200,144
87	108,768	129,832	141,187	149,722	156,629	179,767	205,651
88	113,302	134,669	146,160	154,790	161,769	185,121	211,207
89	117,966	139,607	151,226	159,944	166,988	190,539	216,809
90	122,751	144,647	156,382	165,180	172,286	196,017	222,452
91	127,657	149,785	161,628	170,498	177,659	201,549	228,131
92	132,682	155,021	166,957	175,892	183,101	207,132	233,838
93	137,826	160,348	172,366	181,356	188,606	212,754	239,563
94	143,082	165,758	177,844	186,879	194,162	218,395	245,253
95	148,438	171,235	183,365	192,424	199,722	223,985	250,855
96	153,859	176,702	188,843	197,907	205,206	229,464	256,311
97	159,229	182,061	194,188	203,265	210,588	234,924	261,856
98	164,570	187,457	199,613	208,684	215,987	240,251	267,096
99	169,621	192,378	204,464	213,484	220,746	244,875	271,575

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Lidar para Sub-bacia Botafogo							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,009	1,252	2,691	4,111	5,457	11,145	19,592
41	0,181	2,102	3,915	5,612	7,179	13,615	22,986
42	0,553	3,149	5,338	7,308	9,097	16,340	26,576
43	1,119	4,396	6,947	9,192	11,203	19,266	30,353
44	1,857	5,820	8,735	11,255	13,511	22,373	34,310
45	2,765	7,415	10,696	13,523	16,034	25,655	38,439
46	3,848	9,175	12,850	15,987	18,725	29,105	42,734
47	5,085	11,094	15,197	18,614	21,578	32,718	47,190
48	6,474	13,223	17,700	21,399	24,590	36,488	51,800
49	8,011	15,503	20,356	24,337	27,756	40,412	56,560
50	9,691	17,932	23,162	27,425	31,072	44,485	61,467
51	11,556	20,506	26,114	30,660	34,534	48,703	66,516
52	13,563	23,222	29,209	34,038	38,141	53,064	71,703
53	15,707	26,078	32,445	37,558	41,888	57,565	77,158
54	17,985	29,072	35,820	41,216	45,774	62,203	82,761
55	20,398	32,203	39,332	45,012	49,798	67,029	88,505
56	22,942	35,469	42,979	48,943	53,957	72,063	94,387
57	25,617	38,868	46,761	53,009	58,250	77,239	100,400
58	28,424	42,401	50,677	57,220	62,779	82,555	106,541
59	31,361	46,067	54,734	61,663	67,459	88,008	112,808
60	34,428	49,865	59,022	66,248	72,280	93,592	119,200
61	37,626	53,860	63,452	70,973	77,241	99,306	125,716
62	40,955	58,031	68,024	75,839	82,337	105,150	132,355
63	44,415	62,343	72,735	80,839	87,568	111,124	139,116
64	48,078	66,798	77,584	85,975	92,932	117,227	145,998
65	51,904	71,392	82,569	91,247	98,431	123,459	153,001
66	55,875	76,125	87,692	96,655	104,065	129,820	160,125
67	59,991	80,999	92,954	102,201	109,835	136,311	167,366
68	64,250	86,013	98,355	107,884	115,742	142,932	174,719
69	68,653	91,171	103,898	113,707	121,786	149,681	182,185
70	73,204	96,473	109,583	119,671	127,969	156,554	189,764
71	77,903	101,923	115,413	125,776	134,290	163,552	197,455
72	82,755	107,521	121,389	132,023	140,747	170,674	205,259
73	87,761	113,271	127,510	138,409	147,340	177,922	213,174
74	92,927	119,173	133,774	144,934	154,070	185,297	221,202
75	98,254	125,225	140,185	151,602	160,939	192,798	229,342
76	103,747	131,429	146,742	158,413	167,948	200,426	237,593
77	109,403	137,789	153,450	165,370	175,099	208,183	245,954
78	115,227	144,306	160,310	172,474	182,393	216,068	254,417
79	121,222	150,985	167,324	179,727	189,832	224,078	262,984
80	127,392	157,827	174,495	187,131	197,416	232,210	271,653
81	133,742	164,837	181,825	194,686	205,142	240,464	280,424
82	140,277	172,016	189,311	202,386	213,009	248,839	289,295
83	147,002	179,361	196,952	210,235	221,017	257,335	298,264
84	153,919	186,874	204,749	218,232	229,168	265,952	307,370
85	161,027	194,557	212,704	226,378	237,460	274,685	316,879
86	168,329	202,410	220,819	234,674	245,895	283,806	326,497
87	175,830	210,437	229,091	243,172	254,648	293,126	336,220
88	183,532	218,650	237,745	252,094	263,703	302,577	346,045
89	191,437	227,344	246,672	261,184	272,915	312,156	355,967
90	199,799	236,232	255,778	270,438	282,282	321,858	365,930
91	208,449	245,314	265,058	279,853	291,797	331,621	375,879
92	217,332	254,585	274,488	289,379	301,387	341,386	385,782
93	226,440	263,971	283,978	298,935	310,990	351,112	395,592
94	235,679	273,394	293,472	308,471	320,555	360,740	405,247
95	244,967	282,787	302,897	317,911	330,002	370,185	414,653
96	254,204	292,037	312,134	327,131	339,206	379,313	423,673
97	263,210	300,948	320,982	335,928	347,958	387,910	432,084
98	271,638	309,158	329,072	343,928	355,886	395,598	439,512
99	278,710	315,894	335,639	350,373	362,236	401,646	445,255

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar para Sub-bacia Cascavel							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,297	1,937	3,356	4,644	5,827	10,651	17,477
41	0,650	2,759	4,429	5,919	7,268	12,620	20,076
42	1,128	3,707	5,638	7,331	8,838	14,739	22,803
43	1,724	4,775	6,979	8,867	10,531	16,990	25,650
44	2,439	5,975	8,438	10,519	12,345	19,360	28,614
45	3,261	7,288	10,010	12,295	14,296	21,843	31,689
46	4,188	8,711	11,699	14,197	16,357	24,435	34,874
47	5,233	10,236	13,510	16,205	18,524	27,133	38,210
48	6,378	11,885	15,425	18,317	20,796	29,934	41,650
49	7,621	13,637	17,441	20,530	23,168	32,858	45,192
50	8,957	15,487	19,555	22,842	25,638	35,903	48,831
51	10,404	17,433	21,765	25,249	28,204	39,046	52,566
52	11,947	19,473	24,069	27,757	30,904	42,286	56,393
53	13,581	21,605	26,469	30,391	33,702	45,620	60,311
54	15,305	23,828	28,996	33,121	36,594	49,047	64,317
55	17,117	26,163	31,617	35,943	39,579	52,564	68,407
56	19,017	28,604	34,330	38,859	42,656	56,171	72,578
57	21,004	31,136	37,135	41,865	45,823	59,865	76,831
58	23,096	33,760	40,030	44,962	49,081	63,642	81,164
59	25,291	36,474	43,016	48,149	52,427	67,504	85,574
60	27,576	39,279	46,092	51,424	55,860	71,448	90,063
61	29,951	42,173	49,257	54,786	59,378	75,474	94,627
62	32,415	45,158	52,509	58,233	62,982	79,582	99,268
63	34,970	48,231	55,848	61,768	66,671	83,770	103,983
64	37,616	51,393	59,275	65,388	70,445	88,040	108,771
65	40,353	54,643	62,788	69,094	74,304	92,390	113,675
66	43,181	57,982	66,390	72,888	78,249	96,819	118,680
67	46,099	61,411	70,080	76,768	82,279	101,348	123,760
68	49,110	64,930	73,859	80,735	86,395	106,002	128,915
69	52,214	68,541	77,727	84,789	90,601	110,739	134,144
70	55,413	72,244	81,685	88,954	94,949	115,558	139,447
71	58,708	76,040	85,761	93,245	99,386	120,459	144,824
72	62,101	79,945	89,960	97,628	103,914	125,443	150,274
73	65,594	83,987	94,254	102,104	108,532	130,511	155,797
74	69,186	88,128	98,645	106,674	113,242	135,662	161,391
75	72,927	92,370	103,132	111,338	118,044	140,895	167,056
76	76,783	96,714	107,719	116,098	122,940	146,211	172,793
77	80,749	101,162	112,406	120,955	127,928	151,609	178,600
78	84,827	105,717	117,193	125,908	133,009	157,089	184,478
79	89,021	110,378	122,082	130,958	138,184	162,653	190,427
80	93,333	115,146	127,072	136,106	143,455	168,301	196,443
81	97,765	120,024	132,167	141,353	148,821	174,030	202,526
82	102,319	125,013	137,366	146,702	154,283	179,841	208,677
83	106,997	130,115	142,672	152,150	159,841	185,734	214,894
84	111,803	135,332	148,084	157,698	165,494	191,707	221,175
85	116,740	140,663	153,602	163,348	171,244	197,761	227,518
86	121,810	146,110	159,228	169,098	177,090	203,893	233,921
87	127,013	151,674	164,962	174,949	183,030	210,101	240,382
88	132,354	157,356	170,802	180,899	189,063	216,383	246,897
89	137,833	163,154	176,747	186,946	195,187	222,736	253,460
90	143,451	169,067	182,796	193,088	201,400	229,154	260,067
91	149,208	175,094	188,945	199,320	207,694	235,631	266,689
92	155,102	181,228	195,187	205,635	214,063	242,129	273,295
93	161,128	187,461	201,500	211,995	220,453	248,708	280,185
94	167,270	193,731	207,885	218,493	227,044	255,499	287,038
95	173,522	200,288	214,531	225,170	233,740	262,235	293,794
96	180,048	206,875	221,135	231,780	240,353	268,845	300,379
97	186,523	213,341	227,587	238,218	246,777	275,213	306,672
98	192,761	219,490	233,683	244,273	252,798	281,117	312,442
99	198,296	224,837	238,932	249,450	257,919	286,053	317,186

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Lidar para Sub-bacia Cascavel							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,069	1,576	3,129	4,597	5,962	11,750	20,156
41	0,334	2,489	4,380	6,099	7,696	14,231	23,431
42	0,786	3,581	5,805	7,814	9,636	16,893	26,879
43	1,406	4,838	7,431	9,717	11,756	19,722	30,568
44	2,199	6,265	9,238	11,792	14,046	22,713	34,445
45	3,147	7,881	11,210	14,029	16,492	25,884	38,486
46	4,238	9,655	13,338	16,415	19,088	29,266	42,686
47	5,478	11,581	15,611	18,948	21,830	32,803	47,038
48	6,886	13,649	18,025	21,621	24,769	36,492	51,538
49	8,435	15,853	20,575	24,499	27,871	40,326	56,182
50	10,121	18,189	23,321	27,524	31,116	44,304	60,965
51	11,937	20,681	26,213	30,690	34,502	48,420	65,883
52	13,877	23,344	29,242	33,993	38,025	52,673	70,934
53	15,940	26,140	32,406	37,431	41,684	57,059	76,114
54	18,143	29,069	35,702	41,002	45,475	61,576	81,421
55	20,508	32,128	39,131	44,704	49,397	66,222	86,852
56	22,999	35,317	42,688	48,536	53,449	70,995	92,400
57	25,616	38,634	46,375	52,496	57,628	75,894	98,062
58	28,359	42,079	50,189	56,584	61,935	80,915	103,836
59	31,227	45,651	54,131	60,799	66,368	86,053	109,720
60	34,220	49,349	58,199	65,140	70,926	91,307	115,714
61	37,338	53,175	62,393	69,606	75,606	96,675	121,940
62	40,581	57,126	66,713	74,193	80,404	102,158	128,296
63	43,951	61,206	71,155	78,899	85,321	107,817	134,767
64	47,448	65,409	75,719	83,726	90,356	113,660	141,353
65	51,073	69,736	80,403	88,673	95,526	119,625	148,053
66	54,828	74,186	85,210	93,785	100,921	125,713	154,863
67	58,710	78,761	90,189	99,094	106,444	131,923	161,782
68	62,719	83,475	95,360	104,534	112,097	138,254	168,809
69	66,858	88,413	100,666	110,107	117,880	144,704	175,943
70	71,127	93,489	106,106	115,812	123,793	151,271	183,185
71	75,580	98,704	111,684	121,650	129,835	157,958	190,533
72	80,225	104,061	117,397	127,620	136,005	164,763	197,989
73	85,017	109,559	123,246	133,721	142,304	171,689	205,552
74	89,960	115,199	129,232	139,956	148,735	178,735	213,223
75	95,056	120,981	135,357	146,327	155,298	185,902	221,000
76	100,305	126,910	141,623	152,835	161,995	193,191	228,879
77	105,710	132,986	148,032	159,482	168,827	200,601	236,860
78	111,274	139,214	154,587	166,270	175,797	208,130	244,942
79	117,003	145,595	161,288	173,200	182,903	215,778	253,125
80	122,898	152,132	168,140	180,271	190,144	223,543	261,408
81	128,966	158,829	175,138	187,483	197,520	231,428	269,791
82	135,210	165,683	182,285	194,837	205,034	239,431	278,272
83	141,634	172,697	189,582	202,334	212,685	247,553	286,845
84	148,237	179,872	197,032	209,976	220,475	255,791	295,506
85	155,025	187,213	204,636	217,764	228,403	264,139	304,254
86	162,000	194,720	212,393	225,694	236,464	272,595	313,086
87	169,168	202,393	220,300	233,762	244,656	281,157	321,998
88	176,532	210,228	228,354	241,968	252,977	289,822	330,948
89	184,088	218,224	236,554	250,309	261,424	298,555	339,894
90	191,836	226,380	244,896	258,768	269,964	307,303	348,816
91	199,776	234,676	253,324	267,279	278,536	316,042	357,764
92	207,889	243,039	261,789	275,810	287,112	324,957	367,330
93	216,094	251,433	270,288	284,557	296,061	334,363	376,848
94	224,348	260,294	279,462	293,785	305,326	343,720	386,265
95	233,280	269,405	288,622	302,973	314,532	352,960	395,506
96	242,267	278,445	297,671	312,022	323,577	361,973	404,454
97	251,120	287,254	306,443	320,761	332,287	370,573	412,918
98	259,548	295,520	314,616	328,863	340,332	378,423	420,551
99	266,845	302,525	321,471	335,610	346,992	384,809	426,653

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar para Sub-bacia Macambira							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,006	0,872	1,875	2,865	3,799	7,740	13,649
41	0,126	1,461	2,728	3,906	4,992	9,486	16,005
42	0,386	2,196	3,715	5,081	6,320	11,387	18,495
43	0,779	3,061	4,830	6,385	7,789	13,418	21,114
44	1,291	4,048	6,068	7,832	9,419	15,574	23,856
45	1,928	5,153	7,441	9,426	11,170	17,850	26,717
46	2,679	6,371	8,958	11,137	13,038	20,242	29,692
47	3,537	7,736	10,587	12,960	15,018	22,745	32,777
48	4,500	9,214	12,324	14,891	17,106	25,357	35,969
49	5,563	10,797	14,166	16,928	19,300	28,074	39,263
50	6,755	12,482	16,111	19,068	21,597	30,894	42,720
51	8,053	14,267	18,157	21,309	23,996	33,814	46,309
52	9,446	16,150	20,301	23,649	26,493	36,843	50,002
53	10,933	18,129	22,543	26,086	29,087	40,040	53,797
54	12,514	20,203	24,880	28,619	31,777	43,340	57,690
55	14,186	22,371	27,311	31,246	34,605	46,740	61,681
56	15,949	24,632	29,835	34,022	37,561	50,239	65,767
57	17,802	26,985	32,504	36,914	40,617	53,836	69,944
58	19,746	29,448	35,288	39,903	43,771	57,529	74,208
59	21,779	32,052	38,170	42,991	47,024	61,316	78,559
60	23,902	34,755	41,151	46,177	50,373	65,194	82,995
61	26,133	37,555	44,229	49,460	53,820	69,162	87,517
62	28,499	40,453	47,405	52,840	57,359	73,218	92,124
63	30,962	43,450	50,678	56,313	60,991	77,364	96,814
64	33,522	46,545	54,045	59,879	64,715	81,599	101,588
65	36,181	49,736	57,506	63,539	68,532	85,923	106,444
66	38,940	53,022	61,063	67,292	72,442	90,336	111,384
67	41,800	56,405	64,715	71,140	76,445	94,837	116,403
68	44,758	59,886	68,463	75,084	80,542	99,428	121,500
69	47,815	63,465	72,308	79,123	84,734	104,107	126,673
70	50,974	67,144	76,252	83,258	89,021	108,871	131,924
71	54,235	70,924	80,295	87,492	93,404	113,720	137,251
72	57,602	74,807	84,438	91,822	97,880	118,654	142,655
73	61,075	78,794	88,681	96,248	102,448	123,675	148,136
74	64,658	82,885	93,023	100,770	107,111	128,782	153,693
75	68,352	87,080	97,464	105,389	111,869	133,975	159,326
76	72,160	91,379	102,007	110,106	116,723	139,256	165,035
77	76,081	95,784	106,653	114,924	121,674	144,624	170,818
78	80,116	100,298	111,403	119,842	126,723	150,080	176,672
79	84,269	104,923	116,258	124,862	131,870	155,620	182,594
80	88,543	109,659	121,221	129,985	137,118	161,243	188,779
81	92,940	114,510	126,292	135,210	142,461	167,007	195,057
82	97,463	119,477	131,470	140,536	147,900	172,997	201,418
83	102,117	124,557	136,753	146,014	153,580	179,084	207,861
84	106,902	129,752	142,270	151,734	159,414	185,269	214,384
85	111,818	135,222	147,965	157,572	165,362	191,551	220,982
86	116,918	140,846	153,785	163,529	171,424	197,926	227,652
87	122,285	146,607	159,733	169,606	177,598	204,391	234,392
88	127,808	152,506	165,804	175,796	183,878	210,943	241,200
89	133,492	158,537	171,995	182,098	190,265	217,580	248,070
90	139,334	164,700	178,307	188,512	196,755	224,298	254,966
91	145,332	170,994	184,735	195,032	203,344	231,055	261,848
92	151,488	177,414	191,264	201,625	209,980	237,809	268,695
93	157,794	183,909	197,829	208,235	216,622	244,533	275,474
94	164,187	190,426	204,393	214,827	223,233	251,184	282,141
95	170,609	196,916	210,904	221,347	229,757	257,704	288,631
96	176,989	203,302	217,279	227,710	236,107	264,000	294,849
97	183,203	209,447	223,379	233,773	242,139	269,922	300,641
98	189,009	215,101	228,949	239,280	247,596	275,212	305,751
99	193,882	219,917	233,742	244,058	252,364	279,958	310,489

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Lidar para Sub-bacia Macambira							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,467	1,337	2,268	3,175	7,141	13,369
41	0,004	0,976	2,156	3,303	4,383	9,005	15,945
42	0,128	1,668	3,137	4,497	5,751	11,051	18,682
43	0,420	2,516	4,269	5,845	7,303	13,266	21,575
44	0,862	3,510	5,549	7,380	9,046	15,630	24,617
45	1,462	4,642	7,004	9,090	10,945	18,138	27,801
46	2,198	5,918	8,629	10,949	12,987	20,785	31,123
47	3,060	7,373	10,398	12,944	15,164	23,566	34,578
48	4,046	8,969	12,299	15,069	17,470	26,478	38,161
49	5,156	10,696	14,326	17,321	19,903	29,516	41,870
50	6,429	12,545	16,475	19,695	22,459	32,678	45,734
51	7,827	14,513	18,744	22,190	25,136	35,961	49,825
52	9,347	16,597	21,131	24,804	27,932	39,361	54,045
53	10,978	18,797	23,635	27,534	30,844	42,966	58,391
54	12,720	21,110	26,252	30,378	33,872	46,731	62,861
55	14,571	23,535	28,982	33,336	37,031	50,620	67,452
56	16,530	26,070	31,824	36,444	40,400	54,632	72,163
57	18,597	28,716	34,810	39,740	43,891	58,765	76,992
58	20,770	31,472	37,984	43,158	47,503	63,018	81,938
59	23,051	34,424	41,278	46,696	51,237	67,391	86,995
60	25,438	37,510	44,693	50,355	55,090	71,882	92,157
61	27,932	40,715	48,228	54,133	59,064	76,490	97,426
62	30,618	44,040	51,883	58,033	63,158	81,208	102,799
63	33,430	47,485	55,660	62,053	67,372	86,036	108,277
64	36,362	51,052	59,557	66,193	71,701	90,974	113,859
65	39,413	54,741	63,576	70,448	76,143	96,021	119,544
66	42,587	58,554	67,711	74,818	80,700	101,179	125,332
67	45,884	62,486	71,963	79,305	85,371	106,446	131,224
68	49,307	66,537	76,334	83,908	90,159	111,824	137,218
69	52,856	70,708	80,823	88,629	95,063	117,314	143,316
70	56,529	75,002	85,433	93,469	100,084	122,915	149,515
71	60,327	79,419	90,165	98,429	105,225	128,628	155,809
72	64,253	83,962	95,021	103,511	110,485	134,453	162,197
73	68,309	88,634	100,002	108,717	115,867	140,384	168,681
74	72,499	93,435	105,111	114,048	121,371	146,421	175,259
75	76,825	98,369	110,350	119,503	126,992	152,565	181,932
76	81,291	103,438	115,715	125,077	132,730	158,817	188,699
77	85,899	108,641	121,206	130,774	138,588	165,176	195,561
78	90,655	113,976	126,824	136,594	144,565	171,643	202,517
79	95,559	119,445	132,571	142,540	150,664	178,219	209,566
80	100,610	125,052	138,450	148,612	156,886	184,905	216,709
81	105,811	130,799	144,462	154,812	163,232	191,700	223,936
82	111,166	136,687	150,609	161,142	169,703	198,604	231,344
83	116,679	142,721	156,894	167,603	176,300	205,588	239,110
84	122,354	148,901	163,317	174,196	183,015	212,986	246,981
85	128,195	155,231	169,871	180,906	189,993	220,563	254,957
86	134,207	161,694	176,714	188,085	197,301	228,265	263,036
87	140,389	168,563	183,884	195,417	204,756	236,091	271,216
88	146,846	175,678	191,218	202,902	212,358	244,041	279,495
89	153,699	182,970	198,716	210,542	220,105	252,111	287,862
90	160,758	190,441	206,377	218,334	227,997	260,293	296,259
91	168,027	198,090	214,200	226,275	236,021	268,522	304,652
92	175,508	205,908	222,150	234,303	244,104	276,759	313,011
93	183,187	213,819	230,153	242,365	252,208	284,971	321,298
94	190,978	221,772	238,168	250,417	260,286	293,106	329,457
95	198,819	229,706	246,130	258,393	268,269	301,089	337,408
96	206,623	237,524	253,938	266,187	276,049	308,805	345,032
97	214,236	245,056	261,417	273,622	283,446	316,069	352,137
98	221,357	251,991	268,249	280,378	290,140	322,558	358,404
99	227,322	257,669	273,783	285,808	295,488	327,650	363,236

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar para Sub-bacia Taquaral							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,089	1,405	2,697	3,915	5,044	9,767	16,615
41	0,336	2,159	3,731	5,152	6,445	11,784	19,268
42	0,726	3,065	4,905	6,536	8,027	13,943	22,059
43	1,253	4,101	6,217	8,087	9,752	16,236	25,016
44	1,908	5,265	7,690	9,774	11,611	18,658	28,142
45	2,694	6,575	9,293	11,590	13,594	21,203	31,397
46	3,594	8,019	11,021	13,525	15,697	23,930	34,778
47	4,606	9,583	12,864	15,575	17,916	26,781	38,279
48	5,746	11,261	14,819	17,739	20,272	29,751	41,897
49	7,007	13,047	16,883	20,045	22,773	32,837	45,629
50	8,377	14,938	19,083	22,484	25,387	36,036	49,471
51	9,850	16,938	21,414	25,033	28,113	39,345	53,419
52	11,423	19,085	23,854	27,692	30,948	42,762	57,472
53	13,093	21,338	26,401	30,458	33,889	46,284	61,628
54	14,861	23,697	29,053	33,329	36,936	49,910	65,883
55	16,768	26,159	31,809	36,304	40,086	53,638	70,236
56	18,776	28,723	34,668	39,381	43,339	57,466	74,682
57	20,883	31,390	37,629	42,561	46,694	61,393	79,218
58	23,090	34,157	40,692	45,841	50,148	65,417	83,843
59	25,397	37,025	43,854	49,222	53,703	69,534	88,626
60	27,802	39,994	47,117	52,702	57,357	73,742	93,528
61	30,307	43,062	50,480	56,282	61,106	78,066	98,522
62	32,912	46,231	53,943	59,957	64,950	82,549	103,608
63	35,616	49,501	57,502	63,727	68,888	87,128	108,784
64	38,422	52,870	61,158	67,602	72,994	91,805	114,051
65	41,329	56,336	64,920	71,646	77,210	96,577	119,407
66	44,338	59,901	68,850	75,792	81,528	101,446	124,851
67	47,449	63,624	72,884	80,041	85,947	106,411	130,379
68	50,661	67,470	77,023	84,394	90,468	111,471	135,992
69	53,982	71,422	81,267	88,850	95,092	116,625	141,690
70	57,472	75,483	85,618	93,412	99,819	121,872	147,473
71	61,075	79,654	90,077	98,078	104,647	127,213	153,340
72	64,792	83,937	94,644	102,848	109,577	132,647	159,290
73	68,626	88,332	99,317	107,722	114,608	138,176	165,326
74	72,578	92,838	104,099	112,702	119,744	143,800	171,445
75	76,652	97,458	108,991	117,789	124,983	149,519	177,648
76	80,846	102,193	113,993	122,984	130,328	155,334	183,932
77	85,165	107,044	119,109	128,289	135,780	161,245	190,296
78	89,609	112,015	124,340	133,705	141,340	167,249	196,739
79	94,183	117,107	129,686	139,233	147,008	173,346	203,262
80	98,889	122,323	135,151	144,872	152,782	179,537	209,864
81	103,731	127,665	140,732	150,622	158,663	185,822	216,544
82	108,712	133,131	146,431	156,485	164,653	192,200	223,302
83	113,836	138,723	152,248	162,461	170,751	198,673	230,133
84	119,102	144,443	158,186	168,552	176,959	205,237	237,035
85	124,513	150,293	164,245	174,757	183,276	211,888	244,005
86	130,073	156,275	170,427	181,076	189,699	218,626	251,042
87	135,786	162,389	176,726	187,505	196,226	225,448	258,143
88	141,654	168,632	183,144	194,043	202,856	232,353	265,276
89	147,674	175,003	189,678	200,689	209,588	239,312	272,582
90	153,847	181,502	196,325	207,430	216,392	246,458	280,117
91	160,174	188,113	203,041	214,312	223,426	253,847	287,711
92	166,639	194,938	210,135	221,514	230,695	261,314	295,334
93	173,372	202,054	217,366	228,822	238,059	268,810	302,918
94	180,396	209,288	224,677	236,176	245,442	276,266	310,423
95	187,545	216,548	231,976	243,498	252,778	283,629	317,788
96	194,706	223,752	239,187	250,709	259,987	290,813	324,921
97	201,762	230,773	246,180	257,676	266,930	297,671	331,671
98	208,482	237,366	252,699	264,139	273,348	303,935	337,763
99	214,307	242,959	258,173	269,527	278,667	309,036	342,639

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Lidar para Sub-bacia Taquaral							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,826	2,068	3,340	4,579	9,950	17,997
41	0,043	1,560	3,177	4,743	6,211	12,351	21,346
42	0,288	2,496	4,508	6,355	8,051	14,961	24,912
43	0,740	3,652	6,036	8,166	10,090	17,799	28,679
44	1,378	4,996	7,754	10,167	12,322	20,880	32,637
45	2,190	6,521	9,655	12,352	14,730	24,146	36,780
46	3,192	8,220	11,733	14,716	17,387	27,592	41,101
47	4,360	10,089	13,979	17,316	20,222	31,212	45,594
48	5,687	12,120	16,457	20,084	23,225	35,000	50,252
49	7,170	14,343	19,097	23,015	26,391	38,951	55,072
50	8,804	16,752	21,895	26,106	29,718	43,062	60,049
51	10,586	19,314	24,849	29,352	33,200	47,329	65,179
52	12,538	22,028	27,955	32,751	36,836	51,748	70,458
53	14,664	24,890	31,210	36,301	40,622	56,317	75,883
54	16,932	27,899	34,614	39,999	44,556	61,033	81,452
55	19,342	31,053	38,163	43,843	48,637	65,894	87,162
56	21,891	34,350	41,856	47,831	52,862	70,897	93,010
57	24,579	37,789	45,693	51,963	57,230	76,042	98,993
58	27,406	41,370	49,672	56,237	61,740	81,327	105,102
59	30,371	45,092	53,792	60,652	66,392	86,750	111,397
60	33,474	48,955	58,054	65,209	71,184	92,306	117,957
61	36,716	52,959	62,457	69,906	76,116	97,990	124,653
62	40,096	57,104	67,001	74,745	81,188	103,962	131,482
63	43,616	61,390	71,686	79,721	86,391	110,097	138,445
64	47,278	65,819	76,511	84,830	91,806	116,372	145,541
65	51,081	70,390	81,470	90,192	97,451	122,788	152,769
66	55,028	75,099	86,686	95,745	103,242	129,344	160,130
67	59,120	80,009	92,089	101,447	109,179	136,041	167,623
68	63,358	85,156	97,643	107,297	115,265	142,880	175,246
69	67,738	90,458	103,350	113,299	121,500	149,861	182,993
70	72,369	95,915	109,210	119,453	127,885	156,984	190,864
71	77,196	101,530	115,227	125,760	134,422	164,244	198,858
72	82,185	107,307	121,402	132,224	141,112	171,641	206,975
73	87,341	113,246	127,737	138,844	147,952	179,174	215,216
74	92,668	119,353	134,233	145,616	154,941	186,844	223,580
75	98,168	125,627	140,886	152,542	162,079	194,653	232,068
76	103,847	132,066	147,699	159,623	169,371	202,602	240,679
77	109,708	138,672	154,675	166,863	176,816	210,691	249,414
78	115,751	145,449	161,815	174,262	184,417	218,922	258,273
79	121,978	152,401	169,123	181,824	192,176	227,294	267,249
80	128,394	159,530	176,601	189,550	200,095	235,809	276,337
81	135,004	166,840	184,252	197,443	208,176	244,458	285,537
82	141,813	174,334	192,079	205,505	216,417	253,240	294,846
83	148,826	182,017	200,082	213,730	224,811	262,155	304,264
84	156,050	189,887	208,256	222,116	233,360	271,200	313,787
85	163,489	197,941	216,600	230,664	242,064	280,376	323,414
86	171,142	206,180	225,116	239,373	250,921	289,679	333,134
87	179,008	214,606	233,805	248,244	259,932	299,105	342,889
88	187,091	223,219	242,665	257,275	269,092	308,600	352,652
89	195,394	232,018	251,691	266,442	278,354	318,127	362,404
90	203,918	240,981	260,819	275,678	287,669	327,662	372,119
91	212,648	250,036	270,010	284,957	297,013	337,178	381,767
92	221,504	259,153	279,233	294,247	306,350	346,636	391,303
93	230,448	268,290	288,444	303,502	315,634	356,289	401,945
94	239,430	277,391	297,752	313,142	325,545	366,809	412,542
95	248,574	287,395	308,050	323,476	335,902	377,214	422,957
96	258,679	297,572	318,243	333,673	346,097	387,381	433,060
97	268,659	307,512	328,145	343,541	355,935	397,102	442,633
98	278,184	316,862	337,394	352,713	365,044	405,997	451,289
99	286,462	324,816	345,181	360,379	372,613	413,260	458,235

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar para Sub-bacia Cavalo Morto							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,010	1,398	3,008	4,597	6,095	12,420	21,901
41	0,202	2,344	4,377	6,267	8,010	15,221	25,681
42	0,619	3,523	5,961	8,153	10,141	18,271	29,676
43	1,250	4,912	7,750	10,245	12,497	21,531	33,879
44	2,071	6,496	9,737	12,566	15,113	24,990	38,279
45	3,094	8,268	11,939	15,125	17,924	28,642	42,869
46	4,299	10,222	14,373	17,870	20,920	32,479	47,642
47	5,676	12,412	16,987	20,795	24,096	36,496	52,592
48	7,220	14,784	19,774	23,894	27,447	40,687	57,713
49	8,926	17,324	22,730	27,162	30,968	45,046	63,000
50	10,839	20,028	25,851	30,596	34,654	49,571	68,546
51	12,921	22,892	29,134	34,192	38,502	54,256	74,305
52	15,157	25,913	32,575	37,946	42,509	59,116	80,231
53	17,543	29,088	36,171	41,856	46,671	64,247	86,319
54	20,079	32,416	39,921	45,920	50,987	69,541	92,567
55	22,762	35,895	43,822	50,135	55,525	74,996	98,970
56	25,590	39,523	47,872	54,591	60,269	80,610	105,527
57	28,564	43,299	52,153	59,230	65,172	86,382	112,228
58	31,683	47,250	56,621	64,027	70,233	92,308	119,070
59	34,945	51,429	61,246	68,982	75,452	98,385	126,051
60	38,352	55,766	66,028	74,093	80,826	104,607	133,170
61	41,932	60,259	70,967	79,362	86,356	110,973	140,426
62	45,728	64,909	76,063	84,785	92,035	117,482	147,817
63	49,679	69,717	81,315	90,357	97,863	124,135	155,342
64	53,788	74,683	86,718	96,079	103,838	130,930	163,002
65	58,055	79,803	92,272	101,951	109,963	137,867	170,795
66	62,482	85,077	97,978	107,974	116,236	144,947	178,720
67	67,069	90,505	103,837	114,148	122,659	152,170	186,774
68	71,816	96,090	109,851	120,475	129,234	159,536	194,952
69	76,721	101,833	116,022	126,956	135,960	167,044	203,253
70	81,790	107,736	122,349	133,592	142,839	174,688	211,678
71	87,023	113,801	128,836	140,385	149,871	182,469	220,226
72	92,425	120,031	135,485	147,333	157,052	190,386	228,897
73	97,998	126,429	142,293	154,434	164,383	198,442	237,691
74	103,746	132,993	149,260	161,690	171,865	206,636	246,607
75	109,674	139,723	156,386	169,101	179,499	214,969	255,646
76	115,784	146,621	163,675	176,671	187,287	223,442	264,807
77	122,075	153,690	171,129	184,400	195,231	232,055	274,086
78	128,550	160,933	178,751	192,291	203,332	240,810	283,478
79	135,214	168,353	186,541	200,346	211,592	249,700	292,981
80	142,071	175,953	194,504	208,567	220,012	258,722	302,904
81	149,126	183,736	202,642	216,951	228,585	267,971	312,978
82	156,384	191,706	210,949	225,496	237,312	277,581	323,185
83	163,851	199,858	219,426	234,287	246,426	287,349	333,523
84	171,529	208,192	228,279	243,464	255,787	297,273	343,989
85	179,417	216,969	237,416	252,832	265,331	307,353	354,576
86	187,601	225,995	246,755	262,390	275,058	317,582	365,278
87	196,212	235,238	256,298	272,140	284,963	327,954	376,093
88	205,074	244,702	266,039	282,072	295,041	338,468	387,016
89	214,194	254,380	275,975	292,185	305,289	349,117	398,040
90	223,567	264,269	286,101	302,475	315,703	359,897	409,104
91	233,192	274,368	296,416	312,938	326,275	370,738	420,148
92	243,069	284,669	306,892	323,516	336,923	381,576	431,134
93	253,188	295,090	317,426	334,123	347,580	392,364	442,011
94	263,446	305,547	327,958	344,700	358,187	403,037	452,708
95	273,749	315,961	338,405	355,161	368,655	413,498	463,122
96	283,987	326,207	348,634	365,371	378,844	423,600	473,098
97	293,957	336,068	358,422	375,100	388,523	433,103	482,393
98	303,273	345,139	367,359	383,936	397,279	441,590	490,591
99	311,093	352,867	375,049	391,603	404,929	449,205	498,194

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Lidar para Sub-bacia							
Cavalo Morto							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,494	1,779	3,218	4,647	11,207	21,595
41	0,000	1,246	3,057	4,866	6,594	14,331	25,957
42	0,079	2,309	4,618	6,811	8,920	17,776	30,606
43	0,446	3,649	6,459	9,112	11,553	21,520	35,531
44	1,100	5,244	8,641	11,704	14,478	25,530	40,718
45	2,022	7,139	11,102	14,576	17,683	29,794	46,160
46	3,183	9,320	13,831	17,716	21,142	34,305	51,845
47	4,568	11,758	16,818	21,097	24,837	39,053	57,767
48	6,212	14,446	20,038	24,708	28,763	44,032	63,917
49	8,113	17,368	23,481	28,541	32,912	49,236	70,355
50	10,244	20,504	27,140	32,592	37,280	54,659	77,201
51	12,599	23,851	31,012	36,857	41,861	60,296	84,285
52	15,169	27,404	35,091	41,331	46,653	66,303	91,599
53	17,937	31,160	39,376	46,010	51,651	72,599	99,141
54	20,899	35,116	43,862	50,892	56,887	79,121	106,905
55	24,053	39,269	48,548	56,045	62,498	85,866	114,888
56	27,397	43,619	53,490	61,534	68,331	92,832	123,086
57	30,932	48,163	58,769	67,242	74,382	100,015	131,498
58	34,655	53,056	64,265	73,167	80,650	107,414	140,120
59	38,566	58,188	69,976	79,307	87,135	115,027	148,941
60	42,666	63,534	75,903	85,664	93,836	122,853	157,952
61	47,099	69,094	82,044	92,236	100,752	130,889	167,152
62	51,761	74,869	88,402	99,024	107,883	139,122	176,541
63	56,635	80,859	94,975	106,028	115,229	147,551	186,116
64	61,721	87,065	101,766	113,247	122,781	156,176	195,878
65	67,021	93,491	108,774	120,671	130,536	164,998	205,826
66	72,540	100,137	115,989	128,301	138,495	174,016	215,959
67	78,278	106,996	123,413	136,138	146,658	183,232	226,278
68	84,241	114,068	131,047	144,183	155,028	192,646	236,782
69	90,429	121,353	138,894	152,438	163,607	202,259	247,471
70	96,838	128,856	146,955	160,906	172,395	212,073	258,342
71	103,470	136,580	155,235	169,589	181,397	222,087	269,383
72	110,328	144,528	163,736	178,490	190,613	232,302	280,592
73	117,418	152,705	172,461	187,612	200,047	242,706	291,970
74	124,746	161,114	181,414	196,958	209,698	253,299	303,516
75	132,316	169,759	190,598	206,524	219,558	264,081	315,231
76	140,136	178,646	200,008	216,304	229,627	275,054	327,114
77	148,211	187,771	209,641	226,300	239,906	286,218	339,165
78	156,548	197,131	219,500	236,516	250,399	297,575	351,384
79	165,149	206,729	229,588	246,953	261,108	309,125	363,769
80	174,009	216,570	239,910	257,615	272,034	320,870	376,320
81	183,135	226,659	250,467	268,505	283,181	332,808	389,020
82	192,535	237,000	261,264	279,624	294,549	344,941	401,796
83	202,215	247,598	272,304	290,976	306,141	357,216	414,628
84	212,181	258,456	283,590	302,561	317,941	369,583	427,506
85	222,442	269,579	295,108	314,320	329,874	382,027	440,984
86	233,004	280,937	306,780	326,204	341,918	394,756	455,207
87	243,868	292,457	318,584	338,200	354,059	408,533	469,613
88	254,959	304,121	330,689	351,000	367,439	422,532	484,196
89	266,238	316,512	343,888	364,451	381,082	436,749	498,940
90	278,056	329,665	357,379	378,176	394,984	451,165	513,739
91	290,855	343,138	371,161	392,167	409,121	465,668	528,535
92	304,031	356,913	385,170	406,315	423,370	480,192	543,276
93	317,562	370,858	399,280	420,529	437,658	494,673	557,892
94	331,295	384,881	413,414	434,730	451,904	509,021	572,283
95	345,122	398,874	427,458	448,799	465,985	523,101	586,306
96	358,887	412,662	441,228	462,545	479,706	536,708	599,748
97	372,313	425,946	454,415	475,653	492,748	549,513	612,271
98	384,866	438,167	466,454	487,556	504,541	560,942	623,306
99	395,368	448,161	476,194	497,111	513,952	569,899	631,804

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Lidar para Sub-bacia							
Outras							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,965	4,133	6,659	8,907	10,940	19,065	30,357
41	1,687	5,576	8,500	11,056	13,343	22,297	34,527
42	2,591	7,213	10,539	13,406	15,936	25,735	38,882
43	3,676	9,028	12,771	15,937	18,708	29,354	43,415
44	4,928	11,035	15,177	18,646	21,683	33,146	48,157
45	6,349	13,210	17,752	21,545	24,826	37,105	53,073
46	7,926	15,544	20,512	24,607	28,132	41,238	58,150
47	9,674	18,051	23,429	27,826	31,595	45,558	63,381
48	11,571	20,717	26,499	31,199	35,211	50,031	68,761
49	13,612	23,532	29,718	34,719	39,005	54,654	74,285
50	15,807	26,492	33,082	38,421	42,955	59,422	79,949
51	18,150	29,594	36,620	42,269	47,050	64,332	85,748
52	20,630	32,848	40,304	46,259	51,286	69,381	91,679
53	23,245	36,260	44,128	50,389	55,662	74,564	97,736
54	25,993	39,810	48,089	54,657	60,174	79,880	103,916
55	28,882	43,497	52,187	59,059	64,820	85,325	110,216
56	31,923	47,318	56,418	63,594	69,599	90,896	116,633
57	35,097	51,272	60,782	68,262	74,508	96,589	123,168
58	38,402	55,359	65,278	73,059	79,545	102,405	129,875
59	41,838	59,577	69,904	77,984	84,708	108,340	136,698
60	45,406	63,926	74,658	83,036	89,995	114,425	143,635
61	49,104	68,405	79,540	88,212	95,407	120,655	150,684
62	52,934	73,012	84,547	93,514	100,948	127,006	157,842
63	56,896	77,747	89,682	98,957	106,659	133,477	165,108
64	60,988	82,611	94,960	104,561	112,496	140,066	172,480
65	65,212	87,604	100,398	110,292	118,460	146,772	179,958
66	69,567	92,773	105,967	116,153	124,550	153,593	187,541
67	74,057	98,077	111,668	122,141	130,764	160,531	195,228
68	78,691	103,516	117,499	128,257	137,104	167,584	203,019
69	83,495	109,090	123,462	134,501	143,569	174,754	210,913
70	88,442	114,800	129,556	140,873	150,161	182,039	218,908
71	93,532	120,647	135,784	147,376	156,879	189,440	227,003
72	98,767	126,632	142,145	154,008	163,724	196,956	235,197
73	104,149	132,757	148,642	160,773	170,698	204,586	243,491
74	109,680	139,024	155,276	167,670	177,801	212,330	251,884
75	115,363	145,435	162,048	174,700	185,031	220,189	260,375
76	121,202	151,991	168,958	181,863	192,391	228,163	268,963
77	127,198	158,694	176,008	189,160	199,881	236,253	277,647
78	133,355	165,545	183,200	196,594	207,503	244,456	286,426
79	139,676	172,547	190,534	204,165	215,256	252,774	295,300
80	146,164	179,702	198,013	211,873	223,142	261,205	304,268
81	152,821	187,012	205,638	219,720	231,160	269,751	313,328
82	159,653	194,478	213,409	227,706	239,312	278,410	322,479
83	166,663	202,102	221,328	235,832	247,598	287,181	331,719
84	173,852	209,886	229,396	244,099	256,017	296,063	341,127
85	181,226	217,833	237,614	252,507	264,570	305,092	350,661
86	188,787	225,942	245,983	261,055	273,261	314,309	360,287
87	196,539	234,216	254,519	269,815	282,190	323,640	369,999
88	204,484	242,707	263,297	278,758	291,259	333,084	379,795
89	212,647	251,422	272,234	287,848	300,465	342,636	389,669
90	221,091	260,311	281,328	297,082	309,806	352,292	399,615
91	229,745	269,372	290,575	306,457	319,276	362,044	409,624
92	238,606	278,600	299,969	315,964	328,868	371,882	419,685
93	247,673	287,989	309,502	325,594	338,570	381,793	429,780
94	256,936	297,525	319,157	335,329	348,364	391,751	439,844
95	266,379	307,185	328,904	345,126	358,194	401,643	449,765
96	275,953	316,857	338,601	354,834	367,906	411,431	459,711
97	285,462	326,498	348,311	364,593	377,703	421,268	469,479
98	295,078	336,048	357,807	374,046	387,119	430,552	478,607
99	303,873	344,611	366,246	382,393	395,392	438,585	486,381

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Lidar para Sub-bacia							
Outras							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,076	3,113	6,377	9,538	12,493	24,924	43,346
41	0,566	5,020	9,085	12,809	16,223	30,377	50,591
42	1,475	7,375	12,188	16,477	20,372	36,250	58,233
43	2,779	10,106	15,669	20,571	25,023	42,506	66,252
44	4,435	13,197	19,552	25,127	30,067	49,129	74,634
45	6,479	16,635	23,882	30,059	35,470	56,105	83,425
46	8,850	20,508	28,572	35,333	41,214	63,421	92,748
47	11,538	24,745	33,595	40,937	47,289	71,066	102,421
48	14,533	29,310	38,936	46,861	53,684	79,191	112,433
49	17,909	34,183	44,588	53,097	60,390	87,709	122,774
50	21,617	39,358	50,543	59,636	67,436	96,553	133,434
51	25,625	44,827	56,795	66,541	74,951	105,715	144,405
52	29,915	50,586	63,392	73,874	82,781	115,189	155,680
53	34,484	56,629	70,417	81,516	90,919	124,969	167,252
54	39,327	63,096	77,744	89,461	99,361	135,048	179,115
55	44,441	69,893	85,371	97,707	108,102	145,423	191,264
56	49,825	76,984	93,295	106,248	117,139	156,089	203,692
57	55,598	84,368	101,512	115,083	126,469	167,043	216,383
58	61,690	92,043	110,021	124,210	136,090	178,282	229,331
59	68,068	100,008	118,820	133,626	146,000	189,796	242,532
60	74,730	108,262	127,908	143,331	156,197	201,575	255,984
61	81,677	116,805	137,286	153,324	166,678	213,617	269,684
62	88,910	125,638	146,952	163,601	177,433	225,921	283,630
63	96,432	134,761	156,905	174,152	188,460	238,485	297,820
64	104,243	144,176	167,134	184,978	199,758	251,310	312,252
65	112,346	153,873	177,642	196,078	211,328	264,394	326,926
66	120,745	163,853	188,428	207,454	223,172	277,738	341,986
67	129,440	174,117	199,496	219,108	235,289	291,342	357,541
68	138,428	184,668	210,846	231,041	247,682	305,246	373,346
69	147,709	195,509	222,482	243,255	260,352	319,743	389,400
70	157,290	206,644	234,407	255,752	273,300	334,514	405,705
71	167,174	218,077	246,623	268,619	286,855	349,560	422,258
72	177,368	229,811	259,259	282,038	300,731	364,882	439,061
73	187,877	241,908	272,409	295,763	314,906	380,482	456,114
74	198,708	254,586	285,875	309,796	329,384	396,360	473,416
75	209,867	267,594	299,661	324,142	344,167	412,520	490,969
76	221,611	280,936	313,772	338,804	359,260	428,963	508,772
77	233,767	294,620	328,213	353,787	374,666	445,690	526,819
78	246,289	308,651	342,989	369,096	390,389	462,704	545,102
79	259,187	323,037	358,107	384,735	406,433	479,998	563,622
80	272,471	337,785	373,571	400,708	422,801	497,568	582,377
81	286,150	352,901	389,387	417,016	439,485	515,415	601,365
82	300,235	368,392	405,551	433,653	456,488	533,540	620,586
83	314,737	384,256	422,064	450,624	473,811	551,942	640,037
84	329,666	400,494	438,930	467,931	491,457	570,621	659,711
85	345,021	417,115	456,154	485,577	509,427	589,576	679,591
86	360,811	434,122	473,738	503,564	527,723	608,790	699,669
87	377,046	451,521	491,686	521,890	546,335	628,254	719,936
88	393,735	469,314	509,986	540,539	565,248	647,960	740,384
89	410,887	487,486	528,627	559,503	584,458	667,898	760,997
90	428,492	506,031	547,604	578,776	603,955	688,054	781,664
91	446,545	524,942	566,907	598,346	623,720	708,302	802,270
92	465,041	544,205	586,482	618,105	643,603	728,520	822,744
93	483,960	563,664	606,141	637,890	663,478	748,620	842,992
94	503,108	583,162	625,769	657,594	683,232	768,480	862,880
95	522,311	602,550	645,207	677,054	702,698	788,232	883,862
96	541,355	621,810	665,020	697,280	723,261	809,613	905,197
97	561,453	642,737	685,918	718,145	744,092	830,297	925,670
98	581,710	662,746	705,774	737,882	763,728	849,585	944,557
99	599,852	680,315	723,043	754,929	780,600	865,886	960,257

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Topodata para Sub-bacia							
Botafogo							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,028	0,617	1,547	2,580	7,682	16,155
41	0,000	0,339	1,462	2,782	4,118	10,250	20,019
42	0,000	0,983	2,630	4,324	5,966	13,131	24,234
43	0,027	1,942	4,090	6,160	8,109	16,355	28,751
44	0,299	3,181	5,830	8,279	10,536	19,966	33,557
45	0,855	4,687	7,839	10,670	13,236	23,856	38,642
46	1,685	6,450	10,109	13,323	16,302	28,014	43,996
47	2,758	8,461	12,630	16,351	19,651	32,432	49,611
48	4,064	10,714	15,507	19,630	23,250	37,103	55,477
49	5,598	13,251	18,632	23,151	27,092	42,019	61,589
50	7,354	16,080	21,991	26,909	31,172	47,175	67,939
51	9,327	19,137	25,580	30,898	35,484	52,565	74,523
52	11,548	22,415	29,394	35,114	40,024	58,184	81,335
53	14,043	25,912	33,429	39,553	44,788	64,030	88,370
54	16,745	29,625	37,684	44,212	49,774	70,098	95,626
55	19,654	33,552	42,154	49,089	54,978	76,384	103,098
56	22,767	37,690	46,839	54,181	60,398	82,888	110,784
57	26,083	42,038	51,736	59,487	66,032	89,606	118,681
58	29,602	46,596	56,845	65,006	71,880	96,536	126,786
59	33,323	51,363	62,165	70,737	77,940	103,679	135,099
60	37,247	56,338	67,695	76,679	84,212	111,031	143,616
61	41,373	61,522	73,437	82,833	90,696	118,594	152,320
62	45,704	66,916	79,389	89,198	97,391	126,366	161,206
63	50,240	72,521	85,554	95,776	104,299	134,340	170,271
64	54,983	78,338	91,932	102,568	111,419	142,502	179,516
65	59,936	84,370	98,524	109,574	118,752	150,853	188,940
66	65,101	90,617	105,334	116,790	126,282	159,392	198,543
67	70,481	97,084	112,356	124,206	134,009	168,122	208,325
68	76,080	103,769	119,580	131,821	141,934	177,043	218,286
69	81,901	110,663	127,008	139,639	150,059	186,155	228,425
70	87,950	117,765	134,642	147,660	158,387	195,460	238,744
71	94,223	125,079	142,486	155,889	166,919	204,959	249,304
72	100,713	132,608	150,542	164,327	175,657	214,654	260,538
73	107,426	140,356	158,813	172,977	184,605	224,574	271,982
74	114,365	148,327	167,303	181,842	193,765	235,189	283,627
75	121,538	156,525	176,017	190,926	203,184	246,034	295,475
76	128,950	164,956	184,956	200,462	213,276	257,102	307,528
77	136,606	173,623	194,461	210,499	223,619	268,398	319,785
78	144,514	182,829	204,370	220,791	234,209	279,922	332,249
79	152,681	192,474	214,542	231,339	245,050	291,678	344,919
80	161,360	202,398	224,983	242,149	256,147	303,667	357,797
81	170,531	212,606	235,699	253,226	267,504	315,893	370,883
82	180,012	223,104	246,694	264,574	279,125	328,357	384,176
83	189,811	233,901	257,975	276,198	291,014	341,060	397,678
84	199,938	245,003	269,548	288,102	303,174	354,005	411,387
85	210,403	256,416	281,416	300,291	315,609	367,193	425,249
86	221,218	268,148	293,587	312,768	328,322	380,598	439,195
87	232,392	280,205	306,063	325,537	341,305	394,131	453,207
88	243,936	292,594	318,829	338,532	354,464	407,766	467,262
89	255,859	305,261	331,786	351,684	367,761	421,477	481,329
90	268,137	318,121	344,900	364,968	381,169	435,232	495,369
91	280,664	331,147	358,139	378,346	394,649	448,985	509,333
92	293,404	344,296	371,457	391,771	408,149	462,678	523,155
93	306,308	357,508	384,786	405,171	421,596	476,230	536,748
94	319,300	370,691	398,030	418,445	434,886	489,529	549,994
95	332,259	383,710	411,046	431,447	447,870	502,417	562,730
96	344,991	396,354	423,617	443,954	460,322	514,664	574,721
97	357,171	408,282	435,398	455,622	471,896	525,922	585,627
98	368,218	418,915	445,813	465,877	482,024	535,639	594,915
99	377,006	427,180	453,821	473,702	489,707	542,883	601,724

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Topodata para Sub-bacia							
Botafogo							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,029	0,642	1,609	2,684	7,991	16,806
41	0,000	0,353	1,521	2,894	4,284	10,663	20,825
42	0,000	1,022	2,736	4,498	6,206	13,660	25,210
43	0,028	2,020	4,254	6,408	8,436	17,013	29,908
44	0,311	3,310	6,064	8,612	10,960	20,770	34,908
45	0,890	4,876	8,155	11,099	13,769	24,816	40,198
46	1,752	6,710	10,516	13,859	16,958	29,142	45,768
47	2,869	8,802	13,139	17,009	20,442	33,738	51,608
48	4,228	11,146	16,131	20,421	24,186	38,597	57,711
49	5,824	13,784	19,382	24,084	28,183	43,711	64,069
50	7,650	16,728	22,876	27,993	32,427	49,074	70,675
51	9,702	19,907	26,610	32,142	36,913	54,681	77,524
52	12,013	23,318	30,577	36,528	41,636	60,527	84,610
53	14,608	26,956	34,776	41,145	46,592	66,608	91,929
54	17,419	30,818	39,201	45,992	51,778	72,920	99,477
55	20,445	34,903	43,852	51,066	57,191	79,460	107,250
56	23,684	39,208	48,725	56,363	62,830	86,226	115,245
57	27,134	43,731	53,820	61,883	68,691	93,214	123,460
58	30,794	48,472	59,134	67,624	74,775	100,424	131,892
59	34,665	53,431	64,668	73,586	81,079	107,854	140,539
60	38,747	58,607	70,421	79,767	87,603	115,502	149,399
61	43,039	64,000	76,394	86,168	94,348	123,369	158,454
62	47,544	69,611	82,586	92,790	101,313	131,455	167,697
63	52,263	75,441	88,999	99,633	108,498	139,749	177,128
64	57,197	81,493	95,634	106,698	115,906	148,240	186,745
65	62,349	87,767	102,492	113,986	123,534	156,927	196,549
66	67,722	94,266	109,576	121,493	131,367	165,811	206,538
67	73,319	100,993	116,881	129,208	139,405	174,892	216,714
68	79,144	107,948	124,396	137,130	147,650	184,172	227,076
69	85,199	115,119	132,123	145,262	156,102	193,651	237,624
70	91,491	122,507	140,064	153,606	164,765	203,331	248,358
71	98,017	130,116	148,223	162,166	173,640	213,213	259,343
72	104,769	137,948	156,604	170,944	182,731	223,298	271,030
73	111,751	146,008	165,208	179,942	192,039	233,618	282,934
74	118,971	154,300	174,040	189,165	201,568	244,660	295,048
75	126,432	162,828	183,104	198,615	211,366	255,941	307,374
76	134,142	171,598	192,404	208,534	221,864	267,455	319,911
77	142,107	180,615	202,292	218,976	232,623	279,206	332,663
78	150,334	190,191	212,600	229,682	243,640	291,194	345,628
79	158,829	200,225	223,182	240,655	254,918	303,423	358,808
80	167,857	210,548	234,043	251,900	266,462	315,896	372,205
81	177,398	221,167	245,190	263,423	278,276	328,614	385,817
82	187,261	232,088	256,628	275,228	290,365	341,579	399,646
83	197,454	243,320	268,364	287,320	302,732	354,794	413,692
84	207,989	254,868	280,402	299,703	315,382	368,261	427,953
85	218,876	266,742	292,748	312,383	328,318	381,979	442,373
86	230,126	278,946	305,409	325,363	341,543	395,924	456,881
87	241,750	291,489	318,388	338,646	355,049	410,002	471,457
88	253,758	304,376	331,667	352,165	368,738	424,186	486,078
89	266,162	317,553	345,146	365,846	382,571	438,449	500,711
90	278,934	330,932	358,789	379,664	396,518	452,758	515,317
91	291,966	344,482	372,561	393,582	410,541	467,065	529,843
92	305,219	358,161	386,415	407,547	424,584	481,310	544,222
93	318,642	371,904	400,281	421,486	438,573	495,407	558,362
94	332,157	385,619	414,058	435,295	452,398	509,242	572,142
95	345,638	399,162	427,599	448,820	465,905	522,649	585,390
96	358,883	412,315	440,676	461,832	478,859	535,388	597,865
97	371,553	424,723	452,931	473,969	490,899	547,100	609,209
98	383,046	435,784	463,765	484,637	501,434	557,208	618,872
99	392,188	444,381	472,096	492,777	509,427	564,744	625,954

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Topodata para Sub-bacia Cascavel							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,218	1,207	2,418	3,691	9,724	19,354
41	0,000	0,787	2,293	3,916	5,524	12,632	23,481
42	0,003	1,668	3,710	5,742	7,669	15,857	27,894
43	0,199	2,845	5,440	7,865	10,113	19,383	32,638
44	0,694	4,335	7,453	10,275	12,844	23,187	37,801
45	1,457	6,095	9,739	12,959	15,851	27,236	43,246
46	2,476	8,115	12,289	15,909	19,124	31,679	48,960
47	3,768	10,388	15,095	19,112	22,631	36,417	54,937
48	5,297	12,905	18,145	22,539	26,405	41,410	61,167
49	7,057	15,661	21,412	26,254	30,534	46,651	67,643
50	9,042	18,638	24,950	30,289	34,902	52,133	74,359
51	11,248	21,815	28,805	34,558	39,506	57,851	81,310
52	13,670	25,330	32,887	39,057	44,340	63,801	88,489
53	16,296	29,080	37,194	43,781	49,400	69,978	95,893
54	19,108	33,048	41,723	48,728	54,684	76,379	103,518
55	22,219	37,233	46,470	53,895	60,189	83,000	111,359
56	25,558	41,632	51,433	59,280	65,912	89,839	119,415
57	29,103	46,244	56,612	64,880	71,851	96,894	127,681
58	32,853	51,068	62,005	70,696	78,006	104,163	136,157
59	36,809	56,103	67,611	76,725	84,374	111,644	144,839
60	40,970	61,350	73,430	82,968	90,956	119,337	153,726
61	45,337	66,808	79,461	89,424	97,751	127,239	162,802
62	49,912	72,479	85,706	96,093	104,759	135,352	172,062
63	54,694	78,362	92,165	102,977	111,981	143,669	181,505
64	59,688	84,460	98,840	110,075	119,417	152,177	191,130
65	64,893	90,775	105,730	117,390	127,067	160,877	200,936
66	70,314	97,307	112,839	124,917	134,917	169,769	210,924
67	75,952	104,061	120,163	132,647	142,969	178,854	221,092
68	81,812	111,036	127,694	140,581	151,222	188,133	231,442
69	87,897	118,223	135,432	148,721	159,680	197,607	241,972
70	94,211	125,623	143,381	157,069	168,343	207,276	252,684
71	100,753	133,239	151,543	165,628	177,214	217,142	264,027
72	107,518	141,074	159,921	174,399	186,295	227,206	275,638
73	114,510	149,134	168,519	183,387	195,589	237,851	287,457
74	121,735	157,420	177,340	192,594	205,098	248,822	299,478
75	129,198	165,938	186,387	202,099	215,186	260,022	311,702
76	136,904	174,693	195,832	212,207	225,617	271,448	324,129
77	144,860	183,815	205,796	222,577	236,298	283,100	336,761
78	153,073	193,495	216,032	233,203	247,228	294,982	349,598
79	161,621	203,459	226,533	244,087	258,411	307,095	362,641
80	170,782	213,703	237,304	255,234	269,850	319,442	375,890
81	180,256	224,233	248,351	266,649	281,550	332,025	389,347
82	190,042	235,057	259,680	278,336	293,514	344,846	403,010
83	200,150	246,179	271,295	290,299	305,747	357,906	416,880
84	210,588	257,609	283,203	302,544	318,252	371,207	430,957
85	221,367	269,352	295,408	315,074	331,032	384,751	445,183
86	232,498	281,414	307,916	327,893	344,091	398,511	459,489
87	243,991	293,804	320,730	341,005	357,419	412,394	473,856
88	255,855	306,525	333,834	354,341	370,920	426,374	488,258
89	268,102	319,525	347,126	367,829	384,555	440,426	502,667
90	280,704	332,715	360,571	381,444	398,295	454,515	517,042
91	293,553	346,065	374,136	395,150	412,101	468,596	531,334
92	306,610	359,534	387,774	408,894	425,922	482,609	545,475
93	319,827	373,059	401,417	422,608	439,682	496,473	559,378
94	333,126	386,549	414,967	436,187	453,277	510,074	572,923
95	346,384	399,865	428,279	449,483	466,554	523,253	585,945
96	359,405	412,794	441,133	462,273	479,286	535,774	598,207
97	371,859	424,990	453,179	474,202	491,121	547,286	609,359
98	383,156	435,864	464,349	485,640	502,780	559,710	622,678
99	395,922	449,247	477,561	498,689	515,698	572,203	634,719

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Topodata para Sub-bacia Cascavel							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,216	1,197	2,397	3,659	9,639	19,185
41	0,000	0,780	2,273	3,882	5,476	12,522	23,276
42	0,003	1,653	3,678	5,692	7,602	15,718	27,650
43	0,197	2,820	5,392	7,797	10,024	19,214	32,352
44	0,688	4,297	7,388	10,185	12,731	22,985	37,471
45	1,445	6,041	9,654	12,846	15,713	26,998	42,867
46	2,454	8,044	12,182	15,770	18,957	31,402	48,532
47	3,735	10,297	14,963	18,945	22,433	36,099	54,456
48	5,250	12,792	17,986	22,342	26,174	41,048	60,632
49	6,995	15,524	21,225	26,025	30,267	46,243	67,051
50	8,963	18,475	24,732	30,024	34,597	51,677	73,709
51	11,149	21,624	28,553	34,256	39,160	57,345	80,598
52	13,551	25,109	32,600	38,715	43,952	63,243	87,715
53	16,153	28,825	36,869	43,398	48,968	69,366	95,054
54	18,941	32,759	41,358	48,302	54,206	75,711	102,612
55	22,025	36,907	46,063	53,424	59,663	82,274	110,385
56	25,334	41,268	50,984	58,761	65,335	89,054	118,370
57	28,848	45,839	56,117	64,313	71,223	96,047	126,565
58	32,566	50,621	61,463	70,078	77,323	103,252	134,966
59	36,487	55,612	67,020	76,054	83,636	110,668	143,572
60	40,612	60,813	72,788	82,242	90,160	118,293	152,381
61	44,941	66,224	78,766	88,642	96,896	126,127	161,378
62	49,475	71,845	84,957	95,253	103,843	134,169	170,557
63	54,216	77,677	91,359	102,076	111,002	142,412	179,917
64	59,166	83,721	97,975	109,112	118,373	150,846	189,458
65	64,325	89,981	104,806	116,363	125,955	159,469	199,179
66	69,699	96,456	111,852	123,825	133,737	168,284	209,079
67	75,288	103,150	119,112	131,487	141,718	177,290	219,158
68	81,096	110,064	126,577	139,351	149,900	186,488	229,417
69	87,128	117,189	134,247	147,420	158,283	195,879	239,856
70	93,387	124,524	142,126	155,695	166,870	205,463	250,474
71	99,872	132,073	150,217	164,179	175,664	215,243	261,718
72	106,578	139,841	158,522	172,874	184,665	225,219	273,227
73	113,509	147,829	167,045	181,783	193,878	235,770	284,943
74	120,670	156,043	175,789	190,909	203,304	246,645	296,859
75	128,068	164,487	184,757	200,331	213,304	257,748	308,975
76	135,707	173,165	194,119	210,351	223,643	269,073	321,294
77	143,593	182,208	203,996	220,630	234,231	280,624	333,815
78	151,735	191,803	214,142	231,163	245,066	292,402	346,540
79	160,208	201,680	224,551	241,952	256,151	304,409	359,469
80	169,288	211,834	235,229	253,002	267,490	316,648	372,603
81	178,679	222,272	246,179	264,316	279,087	329,121	385,941
82	188,380	233,001	257,409	275,901	290,947	341,830	399,485
83	198,399	244,026	268,922	287,760	303,073	354,776	413,234
84	208,746	255,356	280,726	299,898	315,468	367,961	427,188
85	219,431	266,996	292,824	312,318	328,137	381,385	441,290
86	230,465	278,953	305,222	325,026	341,081	395,025	455,471
87	241,857	291,234	317,925	338,022	354,293	408,787	469,711
88	253,618	303,844	330,915	351,242	367,676	422,645	483,988
89	265,757	316,730	344,090	364,612	381,191	436,574	498,270
90	278,249	329,805	357,418	378,108	394,811	450,539	512,520
91	290,985	343,038	370,864	391,694	408,497	464,497	526,686
92	303,929	356,389	384,383	405,318	422,197	478,388	540,704
93	317,030	369,796	397,906	418,911	435,836	492,131	554,486
94	330,212	383,168	411,337	432,372	449,312	505,613	567,912
95	343,355	396,368	424,533	445,552	462,473	518,676	580,820
96	356,262	409,183	437,274	458,229	475,094	531,088	592,974
97	368,606	421,273	449,215	470,055	486,826	542,500	604,029
98	379,804	432,051	460,288	481,393	498,383	554,815	617,232
99	392,459	445,318	473,384	494,327	511,188	567,198	629,168

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Topodata para Sub-bacia Macambira							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114	2,546
41	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,672	4,381
42	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	1,678	6,672
43	0,000	0,000	0,000	0,037	0,314	3,110	9,398
44	0,000	0,000	0,029	0,405	1,016	4,951	12,542
45	0,000	0,000	0,365	1,154	2,103	7,187	16,073
46	0,000	0,149	1,063	2,271	3,561	9,803	19,956
47	0,000	0,642	2,112	3,742	5,377	12,785	24,181
48	0,000	1,468	3,501	5,558	7,541	16,098	28,737
49	0,115	2,618	5,220	7,709	10,043	19,727	33,616
50	0,528	4,085	7,262	10,187	12,865	23,665	38,810
51	1,237	5,860	9,619	12,970	15,982	27,905	44,312
52	2,234	7,937	12,274	16,040	19,388	32,442	50,117
53	3,514	10,310	15,205	19,390	23,078	37,272	56,220
54	5,074	12,954	18,410	23,018	27,048	42,390	62,616
55	6,909	15,862	21,886	26,921	31,296	47,792	69,303
56	9,014	19,034	25,630	31,095	35,819	53,478	76,276
57	11,372	22,466	29,641	35,541	40,616	59,443	83,534
58	13,976	26,158	33,918	40,256	45,684	65,688	91,076
59	16,826	30,110	38,461	45,241	51,025	72,212	98,899
60	19,924	34,322	43,269	50,495	56,638	79,014	107,004
61	23,269	38,795	48,344	56,019	62,524	86,094	115,390
62	26,863	43,530	53,687	61,815	68,683	93,454	124,058
63	30,709	48,531	59,300	67,884	75,119	101,095	133,008
64	34,810	53,799	65,186	74,229	81,832	109,019	142,241
65	39,168	59,337	71,348	80,853	88,826	117,227	151,760
66	43,788	65,150	77,789	87,760	96,105	125,724	161,567
67	48,675	71,242	84,514	94,953	103,672	134,511	171,663
68	53,834	77,618	91,527	102,436	111,531	143,594	182,018
69	59,270	84,283	98,834	110,216	119,687	152,975	192,515
70	64,991	91,244	106,440	118,297	128,146	162,644	203,144
71	71,004	98,508	114,353	126,686	136,914	172,486	213,904
72	77,317	106,082	122,579	135,390	145,989	182,479	224,793
73	83,939	113,973	131,125	144,381	155,264	192,621	235,811
74	90,879	122,193	139,948	153,553	164,706	202,912	246,953
75	98,149	130,713	148,952	162,898	174,317	213,352	258,217
76	105,759	139,432	158,139	172,418	184,098	223,938	269,599
77	113,710	148,342	167,508	182,114	194,046	234,668	281,094
78	121,899	157,448	177,062	191,986	204,163	245,539	292,695
79	130,302	166,750	186,800	202,031	214,446	256,545	304,395
80	138,924	176,249	196,721	212,249	224,891	267,680	316,184
81	147,769	185,945	206,823	222,635	235,495	278,936	328,052
82	156,839	195,836	217,103	233,184	246,249	290,303	339,984
83	166,135	205,919	227,553	243,889	257,147	301,768	351,965
84	175,657	216,187	238,167	254,739	268,175	313,316	366,512
85	185,401	226,633	248,932	265,722	279,319	326,054	382,417
86	195,362	237,243	259,833	276,818	290,708	341,400	398,568
87	205,529	248,000	271,385	290,247	305,550	357,037	414,951
88	215,887	260,527	285,993	305,182	320,732	372,955	431,545
89	227,089	275,072	300,976	320,465	336,242	389,131	448,321
90	241,159	290,018	316,321	336,081	352,061	405,536	465,241
91	255,697	305,346	332,001	351,998	368,153	422,124	482,248
92	270,688	321,023	347,977	368,170	384,468	438,833	499,267
93	286,094	336,992	364,180	384,522	400,927	455,568	516,192
94	301,844	353,156	380,502	400,940	417,410	472,194	532,876
95	317,810	369,358	396,776	417,247	433,733	488,511	549,106
96	333,763	385,339	412,728	433,162	449,609	504,219	564,571
97	349,295	400,658	427,907	448,227	464,578	518,847	578,802
98	363,640	414,537	441,532	461,664	477,864	531,638	591,066
99	375,258	425,496	452,164	472,062	488,080	541,288	600,152

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Topodata para Sub-bacia Macambira							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	1,586	6,215
41	0,000	0,000	0,000	0,040	0,311	2,909	8,808
42	0,000	0,000	0,034	0,406	0,996	4,658	11,803
43	0,000	0,000	0,371	1,133	2,001	6,786	15,181
44	0,000	0,161	1,053	2,163	3,381	9,276	18,927
45	0,000	0,651	2,021	3,563	5,109	12,115	23,003
46	0,000	1,435	3,342	5,290	7,167	15,292	27,358
47	0,129	2,510	4,976	7,334	9,543	18,790	31,985
48	0,544	3,903	6,914	9,685	12,230	22,561	36,876
49	1,219	5,585	9,147	12,334	15,218	26,585	42,023
50	2,145	7,551	11,669	15,276	18,483	30,857	47,421
51	3,356	9,793	14,473	18,478	21,987	35,372	53,064
52	4,825	12,307	17,531	21,912	25,724	40,125	58,948
53	6,551	15,083	20,816	25,574	29,692	45,113	65,067
54	8,527	18,085	24,324	29,463	33,887	50,333	71,420
55	10,752	21,303	28,052	33,574	38,308	55,781	78,002
56	13,220	24,736	32,000	37,906	42,950	61,455	84,810
57	15,899	28,383	36,165	42,459	47,815	67,354	91,844
58	18,782	32,243	40,547	47,230	52,900	73,477	99,101
59	21,869	36,315	45,145	52,220	58,205	79,822	106,580
60	25,159	40,601	49,960	57,429	63,730	86,389	114,280
61	28,655	45,101	54,992	62,857	69,475	93,178	122,199
62	32,357	49,816	60,242	68,504	75,441	100,189	130,339
63	36,267	54,747	65,711	74,373	81,629	107,422	138,699
64	40,387	59,896	71,402	80,464	88,040	114,880	147,279
65	44,720	65,266	77,316	86,780	94,676	122,562	156,079
66	49,269	70,860	83,455	93,322	101,540	130,470	165,102
67	54,038	76,680	89,824	100,094	108,633	138,607	174,347
68	59,030	82,731	96,424	107,099	115,960	146,975	183,790
69	64,250	89,015	103,260	114,339	123,521	155,575	193,917
70	69,703	95,538	110,336	121,820	131,323	164,398	204,610
71	75,395	102,305	117,655	129,544	139,367	173,753	215,561
72	81,331	109,320	125,224	137,516	147,652	183,792	226,771
73	87,518	116,589	133,046	145,714	156,409	194,104	238,244
74	93,963	124,118	141,087	154,661	165,891	204,695	249,983
75	100,674	131,888	150,022	164,091	175,666	215,568	261,993
76	107,659	140,435	159,315	173,820	185,738	226,731	274,276
77	114,917	149,439	168,919	183,857	196,115	238,187	286,836
78	122,783	158,765	178,841	194,209	206,805	249,943	299,678
79	131,258	168,423	189,091	204,886	217,816	262,004	312,805
80	140,080	178,423	199,679	215,895	229,155	274,377	326,222
81	149,263	188,777	210,614	227,247	240,831	287,069	339,932
82	158,821	199,497	221,907	238,949	252,852	300,084	353,939
83	168,771	210,595	233,569	251,014	265,229	313,430	368,248
84	179,127	222,084	245,611	263,449	277,969	327,113	382,833
85	189,908	233,977	258,045	276,266	291,082	341,133	397,595
86	201,131	246,288	270,883	289,475	304,578	355,396	412,512
87	212,816	259,032	284,135	303,058	318,389	369,856	427,566
88	224,981	272,206	297,718	316,907	332,439	384,494	442,734
89	237,645	285,700	311,567	330,997	346,710	399,286	457,983
90	250,715	299,478	325,661	345,304	361,174	414,197	473,272
91	264,128	313,515	339,969	359,792	375,793	429,180	488,547
92	277,855	327,767	354,443	374,408	390,513	444,171	503,734
93	291,850	342,173	369,011	389,078	405,252	459,078	518,735
94	306,034	356,633	383,569	403,689	419,896	473,776	533,415
95	320,276	370,997	397,955	418,076	434,275	488,085	547,585
96	334,359	385,026	411,922	431,986	448,133	501,739	560,976
97	347,914	398,330	425,074	445,019	461,067	514,336	573,191
98	360,272	410,240	436,746	456,515	472,423	525,238	583,617
99	370,138	419,521	445,739	465,303	481,053	533,374	591,264

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Topodata para Sub-bacia Taquaral							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,171	0,621	4,035	11,051
41	0,000	0,000	0,157	0,758	1,559	6,151	14,512
42	0,000	0,036	0,706	1,739	2,888	8,665	18,376
43	0,000	0,385	1,629	3,092	4,593	11,561	22,594
44	0,000	1,089	2,906	4,803	6,657	14,823	27,126
45	0,029	2,130	4,523	6,858	9,068	18,431	31,959
46	0,324	3,494	6,469	9,245	11,813	22,333	37,084
47	0,928	5,172	8,733	11,953	14,882	26,515	42,490
48	1,824	7,153	11,306	14,972	18,242	30,969	48,170
49	3,005	9,430	14,179	18,265	21,862	35,688	54,116
50	4,464	11,995	17,319	21,811	25,737	40,665	60,321
51	6,193	14,835	20,704	25,605	29,862	45,896	66,781
52	8,188	17,914	24,331	29,642	34,232	51,375	73,489
53	10,444	21,227	28,194	33,919	38,842	57,098	80,669
54	12,953	24,770	32,292	38,433	43,691	63,061	88,288
55	15,683	28,541	36,621	43,179	48,774	69,278	96,188
56	18,631	32,538	41,180	48,158	54,091	76,081	104,365
57	21,794	36,760	45,967	53,366	59,638	83,159	112,817
58	25,174	41,206	50,981	58,804	65,591	90,510	121,541
59	28,768	45,876	56,221	64,706	71,954	98,132	130,535
60	32,577	50,769	61,909	70,954	78,585	106,025	139,800
61	36,603	55,967	67,945	77,470	85,484	114,188	149,332
62	40,847	61,621	74,247	84,253	92,653	122,622	159,134
63	45,309	67,539	80,817	91,306	100,092	131,328	169,200
64	50,096	73,723	87,656	98,629	107,804	140,306	179,511
65	55,293	80,175	94,766	106,227	115,789	149,558	190,064
66	60,753	86,899	102,152	114,100	124,052	159,070	200,858
67	66,480	93,899	109,816	122,253	132,594	168,833	211,895
68	72,479	101,180	117,763	130,689	141,411	178,850	223,177
69	78,755	108,745	125,995	139,397	150,489	189,122	234,704
70	85,315	116,601	134,503	148,371	159,832	199,653	246,479
71	92,165	124,742	143,281	157,615	169,445	210,446	258,502
72	99,312	133,160	152,336	167,134	179,330	221,503	270,777
73	106,763	141,861	161,673	176,932	189,493	232,829	283,304
74	114,506	150,852	171,298	187,016	199,939	244,426	296,088
75	122,547	160,140	181,216	197,392	210,673	256,299	309,128
76	130,895	169,732	191,435	208,064	221,700	268,451	322,429
77	139,558	179,636	201,961	219,039	233,027	280,887	335,937
78	148,547	189,860	212,803	230,324	244,660	293,610	349,581
79	157,873	200,413	223,967	241,926	256,604	306,546	363,354
80	167,548	211,304	235,461	253,852	268,855	319,645	377,249
81	177,582	222,543	247,291	266,057	281,321	332,900	391,257
82	187,990	234,134	259,375	278,465	293,977	346,306	405,369
83	198,784	245,987	271,672	291,071	306,819	359,851	419,569
84	209,958	258,072	284,178	303,868	319,837	373,525	433,844
85	221,417	270,384	296,885	316,847	333,021	387,310	448,171
86	233,147	282,915	309,782	329,994	346,355	401,188	462,528
87	245,142	295,652	322,853	343,291	359,820	415,133	476,884
88	257,393	308,577	336,077	356,714	373,389	429,114	491,204
89	269,883	321,665	349,424	370,230	387,030	443,090	505,441
90	282,588	334,882	362,855	383,798	400,696	457,011	519,540
91	295,470	348,180	376,317	397,362	414,329	470,812	533,432
92	308,476	361,491	389,738	410,846	427,853	484,410	547,029
93	321,526	374,724	403,022	424,150	441,165	497,696	560,219
94	334,505	387,751	416,036	437,140	454,127	510,530	572,860
95	347,243	400,393	428,595	449,629	466,553	522,759	587,692
96	359,490	412,389	441,693	463,597	481,236	539,848	604,698
97	373,905	429,065	458,356	480,211	497,804	556,230	620,832
98	389,952	444,820	473,939	495,660	513,143	571,193	635,372
99	403,839	458,133	486,956	508,462	525,774	583,283	646,903

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Topodata para Sub-bacia Taquaral							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,175	0,637	4,136	11,329
41	0,000	0,000	0,161	0,777	1,598	6,305	14,876
42	0,000	0,037	0,724	1,783	2,961	8,883	18,837
43	0,000	0,394	1,670	3,170	4,708	11,851	23,161
44	0,000	1,116	2,979	4,924	6,824	15,195	27,807
45	0,030	2,183	4,637	7,030	9,296	18,893	32,761
46	0,333	3,582	6,632	9,477	12,110	22,893	38,014
47	0,951	5,302	8,953	12,253	15,255	27,180	43,556
48	1,870	7,333	11,590	15,347	18,699	31,746	49,378
49	3,081	9,667	14,535	18,723	22,411	36,583	55,474
50	4,576	12,296	17,754	22,358	26,383	41,686	61,835
51	6,348	15,207	21,224	26,248	30,611	47,047	68,456
52	8,393	18,363	24,941	30,386	35,091	52,664	75,333
53	10,706	21,759	28,901	34,770	39,817	58,530	82,693
54	13,278	25,391	33,102	39,397	44,787	64,643	90,503
55	16,077	29,257	37,540	44,263	49,998	71,016	98,601
56	19,098	33,355	42,213	49,366	55,448	77,990	106,983
57	22,341	37,683	47,120	54,705	61,134	85,246	115,647
58	25,805	42,240	52,260	60,279	67,236	92,781	124,590
59	29,490	47,027	57,632	66,329	73,759	100,594	133,810
60	33,395	52,043	63,462	72,735	80,557	108,685	143,307
61	37,522	57,371	69,650	79,413	87,629	117,053	153,079
62	41,871	63,167	76,110	86,367	94,978	125,698	163,126
63	46,446	69,233	82,844	93,596	102,604	134,623	173,445
64	51,353	75,572	89,855	101,104	110,508	143,826	184,015
65	56,680	82,186	97,144	108,892	118,694	153,311	194,832
66	62,277	89,080	104,715	116,963	127,164	163,061	205,897
67	68,148	96,255	112,571	125,320	135,921	173,069	217,212
68	74,297	103,718	120,717	133,968	144,959	183,337	228,776
69	80,731	111,474	129,157	142,895	154,265	193,867	240,593
70	87,456	119,526	137,877	152,093	163,843	204,662	252,663
71	94,477	127,872	146,876	161,569	173,696	215,726	264,988
72	101,804	136,501	156,158	171,327	183,829	227,061	277,570
73	109,441	145,421	165,729	181,372	194,247	238,670	290,412
74	117,379	154,637	175,595	191,709	204,955	250,559	303,516
75	125,622	164,158	185,763	202,344	215,959	262,729	316,884
76	134,179	173,990	196,238	213,284	227,263	275,186	330,519
77	143,060	184,143	207,029	224,534	238,874	287,935	344,366
78	152,274	194,623	218,142	236,103	250,798	300,977	358,352
79	161,834	205,441	229,586	247,996	263,042	314,237	372,470
80	171,751	216,606	241,369	260,221	275,600	327,664	386,714
81	182,038	228,127	253,495	272,732	288,379	341,253	401,074
82	192,706	240,008	265,882	285,452	301,353	354,994	415,539
83	203,771	252,159	278,488	298,374	314,517	368,880	430,096
84	215,226	264,547	291,308	311,492	327,861	382,896	444,729
85	226,972	277,168	304,334	324,797	341,376	397,028	459,416
86	238,996	290,013	317,555	338,273	355,045	411,254	474,133
87	251,293	303,069	330,954	351,904	368,848	425,549	488,849
88	263,851	316,319	344,509	365,663	382,758	439,880	503,528
89	276,654	329,736	358,191	379,519	396,740	454,207	518,122
90	289,678	343,284	371,959	393,428	410,749	468,477	532,575
91	302,884	356,915	385,758	407,331	424,724	482,624	546,816
92	316,216	370,560	399,516	421,154	438,587	496,563	560,753
93	329,593	384,125	413,133	434,792	452,233	510,183	574,275
94	342,897	397,480	426,474	448,108	465,521	523,339	587,233
95	355,956	410,439	439,349	460,910	478,259	535,875	602,437
96	368,510	422,736	452,775	475,229	493,310	553,392	619,869
97	383,286	439,830	469,856	492,260	510,294	570,185	636,408
98	399,736	455,981	485,830	508,096	526,017	585,524	651,313
99	413,972	469,627	499,173	521,219	538,966	597,917	663,133

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Topodata para Sub-bacia Cavalto Morto							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,220	0,800	5,192	14,220
41	0,000	0,000	0,202	0,975	2,006	7,914	18,673
42	0,000	0,047	0,909	2,238	3,717	11,150	23,645
43	0,000	0,495	2,096	3,979	5,910	14,876	29,073
44	0,000	1,401	3,739	6,181	8,566	19,074	34,904
45	0,038	2,741	5,820	8,824	11,668	23,715	41,123
46	0,417	4,496	8,324	11,895	15,200	28,736	47,717
47	1,194	6,655	11,238	15,380	19,149	34,118	54,673
48	2,347	9,204	14,548	19,265	23,472	39,849	61,982
49	3,867	12,134	18,245	23,502	28,131	45,921	69,633
50	5,744	15,435	22,285	28,065	33,117	52,326	77,618
51	7,969	19,088	26,641	32,947	38,425	59,056	85,930
52	10,536	23,051	31,307	38,142	44,047	66,106	94,561
53	13,439	27,313	36,278	43,645	49,980	73,470	103,800
54	16,667	31,872	41,551	49,453	56,219	81,143	113,604
55	20,180	36,725	47,122	55,561	62,760	89,142	123,769
56	23,973	41,868	52,988	61,967	69,600	97,897	134,290
57	28,044	47,301	59,147	68,668	76,739	107,004	145,165
58	32,392	53,022	65,599	75,665	84,398	116,462	156,391
59	37,017	59,030	72,342	83,260	92,586	126,270	167,965
60	41,919	65,327	79,660	91,300	101,118	136,426	179,885
61	47,099	72,015	87,428	99,683	109,996	146,930	192,152
62	52,559	79,290	95,537	108,412	119,220	157,782	204,764
63	58,301	86,905	103,990	117,486	128,793	168,984	217,716
64	64,461	94,862	112,790	126,910	138,715	180,537	230,984
65	71,148	103,164	121,939	136,686	148,991	192,442	244,562
66	78,173	111,817	131,443	146,817	159,622	204,682	258,451
67	85,542	120,824	141,304	157,308	170,614	217,244	272,654
68	93,261	130,192	151,530	168,163	181,959	230,133	287,170
69	101,337	139,927	162,123	179,368	193,640	243,351	302,003
70	109,778	150,035	173,070	190,914	205,663	256,901	317,153
71	118,592	160,510	184,366	202,809	218,031	270,789	332,625
72	127,789	171,342	196,017	215,057	230,751	285,017	348,419
73	137,376	182,538	208,031	227,666	243,828	299,590	364,539
74	147,340	194,108	220,415	240,641	257,269	314,512	380,987
75	157,687	206,058	233,178	253,991	271,081	329,789	397,767
76	168,427	218,401	246,327	267,723	285,270	345,426	414,882
77	179,575	231,144	259,872	281,846	299,845	361,428	432,264
78	191,142	244,300	273,821	296,367	314,813	377,800	449,819
79	203,142	257,879	288,186	311,295	330,182	394,444	467,541
80	215,590	271,893	302,977	326,641	345,946	411,299	485,420
81	228,502	286,355	318,199	342,346	361,986	428,355	503,446
82	241,894	301,269	333,747	358,312	378,272	445,605	521,603
83	255,783	316,521	349,571	374,533	394,795	463,034	539,876
84	270,161	332,072	365,663	390,999	411,546	480,628	558,243
85	284,906	347,914	382,014	407,699	428,510	498,367	576,679
86	299,999	364,037	398,609	424,616	445,668	516,224	595,152
87	315,434	380,426	415,428	441,726	462,994	534,168	613,625
88	331,197	397,058	432,443	458,997	480,454	552,157	632,050
89	347,269	413,899	449,617	476,390	498,006	570,141	650,370
90	363,617	430,906	466,899	493,848	515,590	588,054	668,512
91	380,193	448,016	484,221	511,301	533,133	605,812	686,387
92	396,928	465,144	501,491	528,651	550,535	623,308	703,883
93	413,719	482,171	518,584	545,770	567,663	640,405	720,855
94	430,420	498,934	535,329	562,485	584,343	656,919	737,121
95	446,811	515,201	551,490	578,554	600,332	672,654	752,206
96	462,570	530,637	568,344	596,529	619,225	694,643	778,088
97	481,118	552,095	589,785	617,906	640,543	715,722	798,848
98	501,767	572,367	609,836	637,785	660,280	734,976	817,558
99	519,636	589,497	626,585	654,257	676,534	750,532	832,395

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Topodata para Sub-bacia Cavallo Morto							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,221	0,802	5,207	14,260
41	0,000	0,000	0,203	0,978	2,011	7,936	18,725
42	0,000	0,047	0,911	2,244	3,727	11,181	23,711
43	0,000	0,496	2,102	3,990	5,926	14,918	29,154
44	0,000	1,405	3,749	6,198	8,590	19,127	35,001
45	0,038	2,748	5,836	8,849	11,701	23,781	41,238
46	0,419	4,509	8,348	11,929	15,243	28,816	47,850
47	1,197	6,673	11,269	15,423	19,202	34,213	54,826
48	2,354	9,230	14,589	19,318	23,537	39,960	62,155
49	3,878	12,168	18,296	23,568	28,209	46,049	69,827
50	5,760	15,478	22,347	28,143	33,209	52,471	77,834
51	7,991	19,142	26,715	33,039	38,532	59,220	86,169
52	10,565	23,115	31,394	38,248	44,170	66,290	94,824
53	13,477	27,389	36,379	43,767	50,119	73,674	104,089
54	16,713	31,961	41,667	49,590	56,375	81,369	113,920
55	20,236	36,827	47,253	55,715	62,935	89,391	124,113
56	24,040	41,985	53,135	62,139	69,794	98,170	134,664
57	28,122	47,433	59,312	68,860	76,952	107,302	145,570
58	32,482	53,170	65,781	75,876	84,633	116,787	156,827
59	37,120	59,195	72,544	83,491	92,843	126,622	168,433
60	42,035	65,509	79,882	91,554	101,400	136,806	180,386
61	47,230	72,216	87,671	99,961	110,302	147,339	192,687
62	52,705	79,511	95,803	108,714	119,552	158,222	205,334
63	58,463	87,147	104,280	117,814	129,151	169,455	218,323
64	64,640	95,126	113,104	127,264	139,102	181,040	231,627
65	71,346	103,451	122,279	137,067	149,406	192,978	245,243
66	78,391	112,128	131,809	147,226	160,067	205,252	259,171
67	85,780	121,161	141,698	157,746	171,089	217,849	273,413
68	93,521	130,555	151,952	168,631	182,466	230,774	287,970
69	101,620	140,316	162,575	179,867	194,180	244,029	302,844
70	110,084	150,453	173,552	191,446	206,235	257,617	318,037
71	118,923	160,957	184,879	203,374	218,638	271,543	333,551
72	128,145	171,819	196,563	215,656	231,393	285,811	349,389
73	137,758	183,047	208,610	228,300	244,507	300,424	365,554
74	147,750	194,648	221,029	241,312	257,986	315,388	382,048
75	158,126	206,632	233,827	254,699	271,836	330,708	398,875
76	168,897	219,009	247,013	268,469	286,065	346,389	416,038
77	180,075	231,788	260,595	282,631	300,681	362,435	433,468
78	191,674	244,981	274,584	297,192	315,690	378,852	451,072
79	203,708	258,597	288,989	312,163	331,102	395,543	468,843
80	216,191	272,651	303,821	327,551	346,909	412,445	486,772
81	229,138	287,153	319,085	343,299	362,994	429,549	504,848
82	242,567	302,108	334,677	359,310	379,326	446,846	523,056
83	256,495	317,403	350,544	375,576	395,895	464,324	541,380
84	270,913	332,997	366,681	392,088	412,693	481,967	559,798
85	285,700	348,883	383,078	408,835	429,704	499,755	578,285
86	300,835	365,051	399,719	425,799	446,909	517,662	596,810
87	316,312	381,486	416,585	442,956	464,284	535,656	615,334
88	332,120	398,164	433,648	460,276	481,793	553,695	633,811
89	348,236	415,052	450,870	477,717	499,393	571,729	652,182
90	364,630	432,106	468,200	495,224	517,026	589,692	670,374
91	381,252	449,264	485,570	512,725	534,618	607,499	688,299
92	398,034	466,439	502,888	530,124	552,068	625,045	705,844
93	414,872	483,515	520,028	547,291	569,245	642,189	722,863
94	431,619	500,324	536,820	564,051	585,970	658,749	739,174
95	448,056	516,636	553,026	580,166	602,004	674,527	758,313
96	463,859	532,115	569,927	598,190	620,950	696,578	780,255
97	482,458	553,633	591,427	619,628	642,328	717,716	801,073
98	503,164	573,962	611,534	639,562	662,120	737,024	819,835
99	521,083	591,139	628,330	656,080	678,418	752,623	834,713

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDT Topodata para Sub-bacia Outras							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,455	2,520	5,047	7,706	20,298	40,401
41	0,000	1,642	4,787	8,175	11,531	26,370	49,016
42	0,006	3,481	7,745	11,986	16,008	33,101	58,227
43	0,415	5,939	11,355	16,419	21,110	40,462	68,130
44	1,449	9,049	15,558	21,448	26,811	48,403	78,909
45	3,042	12,723	20,330	27,051	33,089	56,854	90,274
46	5,168	16,940	25,653	33,209	39,921	66,128	102,203
47	7,865	21,684	31,509	39,896	47,242	76,020	114,678
48	11,057	26,939	37,877	47,049	55,119	86,442	127,683
49	14,730	32,692	44,698	54,805	63,738	97,382	141,202
50	18,875	38,905	52,082	63,228	72,857	108,826	155,222
51	23,479	45,538	60,128	72,139	82,467	120,762	169,731
52	28,536	52,876	68,651	81,530	92,558	133,182	184,718
53	34,017	60,703	77,642	91,392	103,122	146,077	200,174
54	39,887	68,986	87,094	101,718	114,152	159,438	216,090
55	46,382	77,722	97,004	112,504	125,642	173,260	232,458
56	53,351	86,905	107,366	123,744	137,589	187,537	249,274
57	60,750	96,532	118,176	135,436	149,987	202,263	266,530
58	68,579	106,602	129,433	147,575	162,834	217,437	284,222
59	76,837	117,113	141,135	160,161	176,128	233,053	302,346
60	85,523	128,066	153,282	173,193	189,867	249,111	320,897
61	94,640	139,459	165,873	186,669	204,052	265,608	339,844
62	104,189	151,296	178,909	200,591	218,681	282,543	359,174
63	114,173	163,578	192,392	214,960	233,756	299,903	378,885
64	124,596	176,308	206,324	229,778	249,279	317,663	398,976
65	135,462	189,489	220,708	245,047	265,247	335,824	419,447
66	146,777	203,125	235,548	260,760	281,635	354,386	440,295
67	158,547	217,223	250,837	276,896	298,442	373,352	461,522
68	170,779	231,783	266,556	293,458	315,671	392,721	483,126
69	183,481	246,785	282,709	310,450	333,325	412,497	505,108
70	196,662	262,233	299,302	327,876	351,409	432,681	527,468
71	210,319	278,131	316,340	345,742	369,927	453,276	551,147
72	224,440	294,488	333,829	364,052	388,884	474,285	575,385
73	239,036	311,311	351,777	382,814	408,284	496,505	600,056
74	254,117	328,609	370,191	402,032	428,134	519,406	625,149
75	269,695	346,391	389,077	421,875	449,193	542,787	650,666
76	285,782	364,665	408,792	442,974	470,967	566,637	676,607
77	302,391	383,708	429,593	464,621	493,264	590,961	702,976
78	319,535	403,914	450,959	486,802	516,080	615,763	729,772
79	337,378	424,713	472,879	509,522	539,423	641,049	756,999
80	356,501	446,098	495,364	532,791	563,302	666,823	784,657
81	376,278	468,079	518,424	556,619	587,725	693,090	812,747
82	396,706	490,672	542,072	581,015	612,700	719,853	841,269
83	417,805	513,890	566,319	605,989	638,236	747,116	870,223
84	439,594	537,749	591,176	631,550	664,339	774,882	899,607
85	462,096	562,261	616,653	657,706	691,017	803,153	929,304
86	485,331	587,442	642,763	684,466	718,277	831,877	959,167
87	509,322	613,304	669,513	711,836	746,098	860,858	989,156
88	534,089	639,860	696,867	739,674	774,282	890,041	1019,221
89	559,653	666,997	724,613	767,831	802,744	919,373	1049,299
90	585,960	694,530	752,680	796,251	831,425	948,783	1079,307
91	612,781	722,398	780,996	824,860	860,246	978,177	1109,140
92	640,038	750,514	809,465	853,552	889,096	1007,430	1138,659
93	667,628	778,747	837,943	882,178	917,820	1036,370	1167,681
94	695,388	806,907	866,228	910,524	946,199	1064,762	1195,957
95	723,064	834,704	894,016	938,280	973,914	1092,271	1223,139
96	750,246	861,692	920,848	964,977	1000,493	1118,410	1248,734
97	776,242	887,151	945,994	989,880	1025,197	1142,440	1272,014
98	799,823	909,849	969,312	1013,757	1049,535	1168,375	1299,818
99	826,473	937,787	996,892	1040,995	1076,501	1194,453	1324,953

Vazões máximas de projeto geradas a partir do MDEHC Topodata para Sub-bacia Outras							
CN	T=5	T=10	T=15	T=20	T=25	T=50	T=100
40	0,000	0,000	0,000	0,473	1,718	10,900	29,342
41	0,000	0,000	0,434	2,096	4,280	16,477	38,356
42	0,000	0,100	1,953	4,763	7,839	23,064	48,749
43	0,000	1,063	4,464	8,376	12,349	30,619	60,280
44	0,000	3,000	7,874	12,895	17,772	39,206	72,755
45	0,081	5,800	12,148	18,287	24,074	49,032	86,138
46	0,897	9,422	17,256	24,521	31,224	59,737	100,398
47	2,557	13,838	23,170	31,570	39,472	71,283	115,508
48	4,971	19,024	29,869	39,752	48,653	83,646	131,442
49	8,108	24,962	37,635	48,763	58,616	96,805	148,177
50	11,948	31,748	46,223	58,532	69,342	110,741	165,695
51	16,477	39,487	55,546	69,044	80,816	125,437	183,978
52	21,680	47,940	65,590	80,284	93,024	140,878	203,010
53	27,632	57,091	76,343	92,241	105,954	157,053	222,778
54	34,465	66,930	87,797	104,906	119,597	173,951	243,271
55	41,957	77,450	99,943	118,270	133,943	191,563	264,477
56	50,097	88,646	112,776	132,328	148,988	209,881	286,390
57	58,881	100,513	126,291	147,074	164,725	228,900	309,001
58	68,306	113,049	140,486	162,506	181,152	248,615	332,305
59	78,373	126,253	155,358	178,622	198,266	269,022	356,296
60	89,081	140,125	170,908	195,421	216,067	290,121	380,973
61	100,433	154,666	187,138	212,904	234,554	311,909	406,332
62	112,433	169,881	204,049	231,073	253,731	334,388	432,371
63	125,087	185,772	221,645	249,932	273,599	357,559	459,079
64	138,399	202,347	239,932	269,485	294,163	381,424	486,378
65	152,380	219,611	258,915	289,737	315,428	405,986	514,254
66	167,037	237,573	278,603	310,696	337,400	431,188	542,708
67	182,381	256,243	299,003	332,369	360,087	456,996	571,742
68	198,426	275,631	320,125	354,765	383,462	483,416	601,357
69	215,184	295,748	341,979	377,836	407,473	510,451	631,555
70	232,670	316,609	364,513	401,554	432,128	538,108	662,338
71	250,901	338,186	387,709	425,929	457,434	566,390	693,709
72	269,895	360,442	411,579	450,972	483,401	595,306	725,670
73	289,664	383,390	436,134	476,692	510,039	624,860	758,225
74	310,161	407,046	461,387	503,101	537,357	655,059	791,375
75	331,389	431,424	487,352	530,212	565,367	685,911	825,124
76	353,369	456,541	514,042	558,036	594,079	717,421	859,475
77	376,123	482,413	541,472	586,586	623,504	749,598	894,302
78	399,674	509,059	569,658	615,876	653,655	782,444	929,436
79	424,045	536,497	598,614	645,917	684,543	815,786	964,859
80	449,263	564,745	628,356	676,725	716,153	849,505	1000,551
81	475,352	593,823	658,893	708,192	748,271	883,583	1036,486
82	502,341	623,736	690,031	740,139	780,834	917,999	1072,633
83	530,257	654,277	721,676	772,549	813,826	952,723	1108,956
84	559,082	685,368	753,809	805,399	847,220	987,720	1145,410
85	588,592	716,992	786,406	838,663	880,984	1022,947	1181,940
86	618,750	749,123	819,434	872,299	915,076	1058,349	1221,861
87	649,534	781,723	852,847	906,258	949,439	1095,647	1265,925
88	680,914	814,742	886,584	940,471	984,889	1138,436	1310,728
89	712,842	848,109	922,886	980,187	1026,574	1182,097	1356,254
90	745,245	886,831	964,167	1022,272	1069,269	1226,615	1402,457
91	782,173	928,160	1006,567	1065,409	1112,965	1271,932	1448,985
92	822,592	970,698	1050,076	1109,558	1157,561	1317,646	1495,592
93	864,429	1014,343	1094,402	1154,299	1202,603	1363,499	1542,069
94	907,501	1058,586	1139,112	1199,302	1247,811	1409,221	1588,114
95	951,230	1103,071	1183,867	1244,211	1292,817	1454,405	1633,290
96	995,148	1147,275	1228,115	1288,452	1337,031	1498,419	1676,930
97	1038,421	1190,281	1270,901	1331,049	1379,462	1540,228	1717,968
98	1079,392	1230,344	1310,452	1370,209	1418,303	1578,005	1754,571
99	1114,298	1263,701	1343,021	1402,207	1449,854	1608,134	1783,248

**APÊNDICE VI** – Artigo Publicado no Periódico “Boletim de Ciências Geodésicas” avaliado segundo a CAPES como Qualis B2.

Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-21702014000400784&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-21702014000400784&script=sci_arttext)