



ANÁLISE DE DIFERENTES MDE NO CÁLCULO DE ÁREA DE DRENAGEM E PERÍMETRO DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NA SUB-BACIA 76

Amália Koefender^{1} & Francisco F. N. Marcuzzo²*

Resumo – Antes de desenvolver qualquer projeto baseado em Modelos Digitais de Elevação (MDE), é importante que se analise qual o modelo que melhor representa as características que influenciarão o estudo. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo comparar e interpretar os resultados obtidos para o cálculo de área de drenagem de estações fluviométricas da sub-bacia 76, utilizando diferentes MDE. Os modelos empregados no estudo foram o SRTM30, o ASTER GDEM e o TOPODATA, todos com resolução espacial de 30m, e a delimitação das áreas de drenagem foi executada no programa ArcGIS, utilizando sua ferramenta ArcHydro. Em seguida os resultados foram comparados com aqueles disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e com aqueles obtidos no MDE elaborado por Hasenack e Weber, através de interpolação, com resolução espacial de 60m. Na comparação com os dados da ANA, o modelo que apresentou os resultados mais próximos foi o MDE de Hasenack e Weber, seguido pelo SRTM30, o TOPODATA e por último o modelo ASTER. Concluiu-se que em áreas de maior declividade, os MDE apresentaram resultados bastante precisos, mas em áreas mais planas e altas manifestaram alguns problemas na delimitação.

Palavras-Chave – Modelo Digital de Elevação, Fluviometria, Rio Ibicuí.

DIFFERENT DEM ANALYSIS FOR THE CALCULATION OF DRAINAGE AREA AND PERIMETER OF FLUVIOMETRIC STATIONS IN SUB-BASIN 76

Abstract – Before developing any project based on Digital Elevation Models (DEM), it is important to analyze which model best represents the characteristics that influence the study. Thus, this study aimed to compare and interpret the results for the drainage area of fluviometric stations of Ibicuí River's watershed, using different DEM. The models used in the study were SRTM30, ASTER GDEM and TOPODATA, all with spatial resolution of 30m. The delimitation of drainage areas was performed in ArcGIS program using its ArcHydro tool. Then the results were compared with those provided by the National Water Agency and with those obtained in the DEM prepared by Hasenack and Weber, via interpolation, with spatial resolution of 60m. Comparing to the data from ANA, the model that showed the closest results was the MDE Hasenack and Weber, followed by SRTM30, the TOPODATA and finally the ASTER model. It was concluded that in most slope areas, MDE presented accurate results, but flatter and high areas showed some problems in tracing.

Keywords – Digital Model Elevation, Fluviometric, River Ibicuí.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma boa variedade de fontes de dados altimétricos disponíveis de áreas no formato de imagens e por isso a escolha do modelo mais adequado se torna uma etapa muito importante de qualquer estudo ou projeto envolvendo Modelos Digitais de Elevação. Em um trabalho de análise comparativa preliminar entre dados SRTM, Topodata, ASTER GDEM e

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento Gonçalves n° 9.500 – Agronomia – CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 8467-8416. maliakoefender@hotmail.com

^{2*} CPRM/SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa – CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

Modelos de Superfície/Terreno do Projeto Radiografia da Amazônia, Grohmann (2015) concluiu que os dados ASTER GDEM apresentaram elevado nível de ruídos e artefatos decorrentes do processamento automático das imagens ópticas, com baixa correlação com a superfície morfológica presente nos demais MDE. Vários autores (ARAUJO *et al.*, 2009; MARCUZZO *et al.*, 2010; CARDOSO e MARCUZZO, 2011; DE SOUZA *et al.*, 2013; PERINI *et al.*, 2013; MARCUZZO e CARDOSO, 2013; MELATI e MARCUZZO, 2015), também relataram os benefícios da técnica e de estudos que envolvem imagens digitais na delimitação automática de bacias hidrográficas. Na delimitação de uma sub-bacia em Goiás, Goularte *et al.* (2013), afirmam que a utilização de SIG para geração automática de bacias hidrográficas com MDE, apresentou resultado satisfatório, pois, ao mesmo tempo em que proporciona uma economia de tempo automatiza os processos mecânicos, reduz o número de pessoas envolvidas no trabalho e diminui a subjetividade da delimitação das áreas, e por conseguinte dos perímetros, das bacias hidrográficas.

O objetivo deste trabalho é estudar a delimitação automática das áreas de drenagem de estações fluviométricas com medição de descarga líquida (FD) e estações limimétricas (F), na bacia do rio Ibicuí (76), empregando os MDE ASTER-GDEM (30m), TOPODATA (30m), e SRTM (30m), comparando-os com os dados da ANA e com MDE gerado de Hasenack e Weber (2010).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A bacia do rio Ibicuí, otocodificada para este estudo e apresentada na Figura 1, possui a maior parte do seu território no estado do Rio Grande do Sul e uma pequena porção do Uruguai.

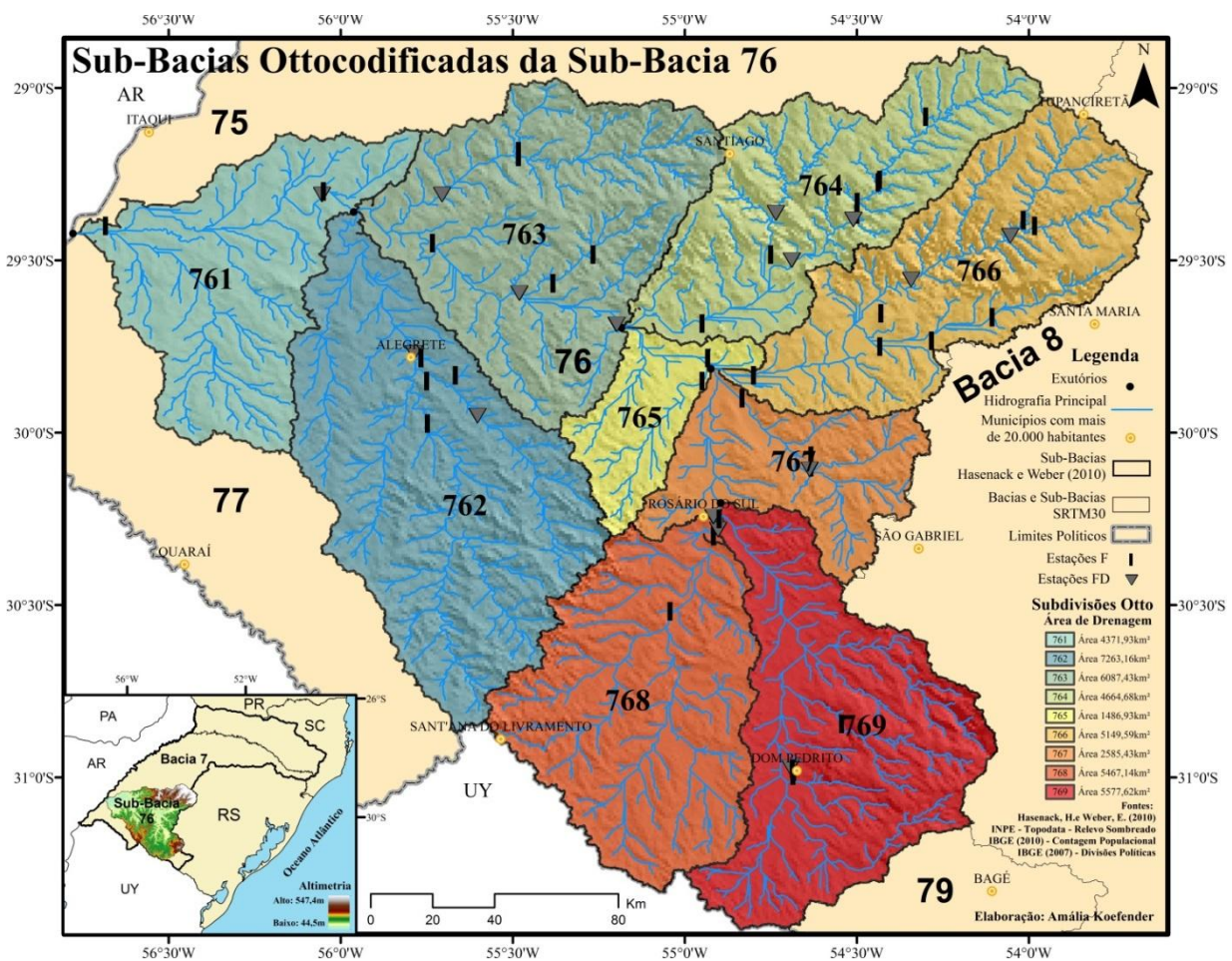


Figura 1 – Localização da sub-bacia 76 e suas sub-bacias Ottocodificadas.



Situada na porção oeste do estado do Rio Grande do Sul, a sub-bacia 76 (Figura 1) divide-se em nove sub-bacias de acordo com o método de Otto Pfafstetter (PFAFSTETTER, 1989) de divisão de sub-bacias. Este método foi definido como método oficial de codificação no Brasil pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos em 2002, por meio da resolução nº30. A sub-bacia 76 é contribuinte da bacia do Rio Uruguai nas coordenadas 29°25'18,46"S e 56°46'38,87"O. Os extremos da sub-bacia 76, segundo a delimitação executada pelo Modelo Digital de Elevação desenvolvido a partir do estudo de Hasenack e Weber (2010), utilizado também por Melati e Marcuzzo (2010), são nas seguintes coordenadas: Leste 53°38'34,865"O e 29°14'41,467"S; Oeste 56°46'38,824"O e 29°25'18,408"S; Norte 54°8'3,127"O e 28°52'43,378"S; Sul 54°50'9,373"O e 31°26'29,515"S. Um maior detalhamento da bacia hidrográfica do rio Ibicuí pode ser verificado no estudo de regionalização de vazões de Koefender (2015).

Quanto aos aspectos climáticos, de acordo com os métodos descritos por Köppen (1936) *apud* Peel (2007), o clima da sub-bacia 76 é composto unicamente pelo tipo Cfa (clima temperado úmido), subdivisão da classificação geral Cf (clima temperado), que resulta de regiões com clima úmido, onde a precipitação é bem distribuída em todos os meses do ano, com inexistência de estação seca definida, assim como a descrição feita por Tschiedel *et al.* (2012), Simon *et al.* (2013) e Marcuzzo e Pickbrenner (2015) para a sub-bacia 87.

No Atlas Pluviométrico do Brasil, publicado por Pinto *et al.* (2011) com dados de 1977 a 2006, verifica-se que a sub-bacia 76 possui médias anuais de precipitação que vão de 1.411,44mm em suas partes baixas até 1.933,24mm próximo aos divisores de água. Os maiores valores de precipitação estão entre as sub-bacias 763 e 763, no entorno da cidade de Santiago, enquanto os menores valores estão na porção sul da sub-bacia 76, em uma área entre as sub-bacias 768 e 769.

2.2 Modelos Digitais de Elevação Utilizados

Diferentes modelos digitais de elevação foram utilizados na determinação das áreas de drenagem: SRTM30, ASTER GDEM e TOPODATA. Os resultados obtidos foram então comparados com o Modelo Digital de Elevação desenvolvido a partir da base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul na escala 1:50.000 de Hasenack e Weber (2010). Esta base vetorial foi elaborada a partir de cartas do exército e disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento da UFRGS, tendo como sistema de referência o Datum SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, realizado no ano 2000). Os valores de áreas de drenagem para as estações, disponibilizados pela ANA, também foram considerados.

O Modelo SRTM 1 Arc-Second Global tem resolução em torno de 30 metros (EARTH EXPLORER, 2014) e foi obtido em uma missão de aquisição de dados de um ônibus espacial da NASA (*Shuttle Radar Topography Mission*). Este modelo de elevação é disponibilizado pelo USGS (*United States Geological Survey*; Serviço Geológico dos Estados Unidos) com o Datum de referência WGS84 (*World Geodetic System*; Sistema Geodésico Mundial). O MDE ASTER GDEM também possui resolução de aproximadamente 30m e foi disponibilizado gratuitamente por parceria entre a NASA e o Ministério de Economia, Comércio e Indústria do Japão (METI). O sistema de referência espacial é o Datum WGS84. O MDE TOPODATA foi elaborado a partir do método de krigagem através do tratamento das imagens SRTM com resolução espacial aproximada de 90 metros (VALERIANO e ROSSETTI, 2008). O modelo foi então refinado e é disponibilizado com resolução de 30m pelo INPE no sistema de referência Datum WGS84.

2.3. Delimitação Automática das Sub-Bacias

Para geração das linhas de drenagem e subsequente delimitação das áreas de drenagem de cada estação automaticamente foi utilizado o programa ArcGIS 10.3 (ESRI, 2015) e sua ferramenta



ArcHydro. Um maior detalhamento do processo pode ser encontrado no tutorial disponibilizado no Quadro 1 deste trabalho e também nos trabalhos de Melati (2015) e Melati e Marcuzzo (2015).

2.4. Estações Fluviométricas

A localização e outros dados referentes às estações fluviométricas existentes na sub-bacia 76 foram encontradas no inventário da ANA, que contém todas as estações cadastradas no Banco de Dados Corporativos da ANA, com informações de bacia, sub-bacia, entidades e características das estações. O inventário de estação da Rede Hidrometeorológica Nacional (BRASIL, 2013) é atualizado periodicamente e para este estudo foi utilizado o inventário de 29 de maio de 2015.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Material Produzido Neste Estudo Disponibilizado Para Baixar

A Figura apresentada neste trabalho, com melhor resolução, e o tutorial de delimitação de bacias, elaborado como suporte para este trabalho com o detalhamento dos procedimentos executados, podem ser baixados gratuitamente pelos endereços (“links”) na internet disponibilizados no Quadro 1, ou através da solicitação pelos e-mails dos autores.

Quadro 1 – Figuras com os mapas, com melhor resolução, deste estudo para baixar.

Figuras	Endereços (“links”) para Baixar Utilizando o Navegador de Internet
Figura 1	https://onedrive.live.com/?cid=F3E4C2A1EA29981A&id=f3e4c2a1ea29981a%21229&v=3
Shapes Áreas Estações F e FD	https://onedrive.live.com/?cid=F3E4C2A1EA29981A&id=f3e4c2a1ea29981a%21232
Tutorial Como Baixar Imagens SRTM30 (2014), Mosaicar, Calcular Área de Drenagem	https://onedrive.live.com/view.aspx?cid=F3E4C2A1EA29981A&resid=f3e4c2a1ea29981a%21222&app=WordPdf&wdo=1

3.2. Áreas de Drenagem e Perímetros obtidos Para as Estações

Considerando as 54 estações F e FD da Bacia do Ibicuí, 57,4% (31 estações) são classificadas como fluviométricas com medição de descarga. As outras 42,6% (23 estações) são estações limimétricas, somente com medição de nível. Nas Tabelas 1 e 2, as estações inativas foram representadas em itálico, evidenciando que 20 estações (37%) estão atualmente ativas enquanto 34 estações (63%) estão inativas. A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) consta como operadora de 14 estações (25,9%) da sub-bacia 76. As outras 40 estações (74,1%) são operadas por outras entidades.

As áreas de drenagem de cada uma das estações do local de estudo foram calculadas e apresentadas na Tabela 1, junto com os valores divulgados pela ANA e os diferentes valores de perímetro encontrados para as áreas de drenagem.

As menores diferenças foram da ordem de 0,01%, enquanto a maior diferença chegou a 169%. As grandes diferenças encontradas entre as áreas de drenagem calculadas com os diferentes MDE são devidos a erros apresentados na manipulação dos MDE. Estas discrepâncias apareceram somente nas áreas mais elevadas e planas do terreno, enquanto nas áreas com maior declividade e menor altitude a manipulação dos MDE apresentou resultados muito coerentes e precisos.

Tanto os cálculos da área de drenagem quanto os cálculos de seus perímetros obtiveram menor índice de diferença com relação ao MDE de Hasenack e Weber (2010) no MDE Topodata, em seguida SRTM30 e por último ASTER. Em comparação com os dados da ANA, as menores diferenças foram encontradas nos valores calculados com base no MDE de Hasenack e Weber (2010), seguidas pelo SRTM30, o Topodata e por último o modelo ASTER. Não foram computadas as diferenças apresentadas na estação 76030000 – Parada Chagas RL 1, devido a problemas no posicionamento da estação em relação à hidrografia gerada em cada um dos MDE.



Tabela 1 – Comparação da área de drenagem e perímetro das estações F e FD na sub-bacia 76.

Estações	Tipo	Área (km ²)					Perímetro (km)				
		ANA	HW	ASTER	TOPO	SRTM30	HW	ASTER	TOPO	SRTM30	
76030000	F*	105	772,31	20,24	18,38	769,06	252,43	38,83	29,27	232,32	
76050000	F	1210	1077	1150,97	1076,15	1092,4	342,58	335,81	318,57	327,05	
76070000	F	864	770,33	1030,48	491,86	358,33	208,52	151,15	121,89	99,5	
76240000	F	-	1945,18	1915,76	1941,24	631,32	349,08	384,66	344,47	192,49	
76250500	F	-	1945,51	1924,29	1942,41	635,73	351,15	389,43	347,24	198,63	
76290000	F	-	4082,26	4255,18	4154,58	4148,79	456,71	610,91	483,23	510,88	
76299000	F	6000	5443,17	5593,16	5493,13	5495,26	578,29	724,61	580,36	618,88	
76310005	F	12100	11045,52	11348,52	11192,35	11092,8	773,36	913,49	791,02	807,73	
76360000	F	1290	1135,88	1115,73	1124,59	1152,99	278,81	329,68	296,04	324,73	
76390000	F	758	698,82	692,2	693,46	695,66	208,7	239,63	213,31	223,3	
76420000	F	686	83,43	9,7	9,32	45,24	62,1	13,57	16,25	38,96	
76421010	F	1410	1270,64	82,52	341,79	250,36	239,24	49,02	105,14	83,19	
76421020	F	1690	1518,8	1016,43	858,22	548,07	267,19	168,26	161,65	127,06	
76430000	F	1810	1628,06	1087,88	911,69	601,26	280,63	174,24	163,67	162,58	
76555000	F	507	458,65	459,22	464,69	465,67	172,08	184,65	169,11	182,03	
76628000	F	1560	343,52	347,91	345,28	344,02	123,53	145,88	131,63	142,8	
76630000	F	1560	1417,67	1539,42	1462,86	1433,36	261,35	276,73	250,02	250,77	
76740000	F	1430	1310,9	1310,58	1310,06	1311,07	330,09	357,78	339,06	364,06	
76745000	F	59	52,84	49,26	49,32	52,76	47,79	52,28	46,09	51,74	
76749000	F	5860	58,57	41,16	58,02	56,37	44,62	55,96	49,37	53,35	
76755000	F	69	58,57	41,16	58,02	56,37	44,62	55,96	49,37	53,35	
76800001	F	42500	38642,53	40983,3	38075,46	37029,18	1635,55	1807,86	1574,14	1619,71	
76980000	F	47100	42612,9	45150,49	42200,77	41159,86	1764,57	1983,81	1730,48	1811,2	
76077000	FD	864	770,29	1030,48	491,86	358,33	208,52	151,15	121,89	99,5	
76081000	FD	577	529,58	57,08	44,59	59,68	170,53	47,81	35,38	44,64	
76085000	FD	1540	1393,28	3760,37	1117,4	730,62	249,52	364,08	161,37	136,19	
76100000	FD	2790	2531,51	5019,09	2480,39	1937,17	349,35	442,47	269,95	244,09	
76120000	FD	3050	2789,49	5180,09	2750,13	2104,49	397,88	485,29	315	284,1	
76200000	FD	5620	5135,55	7666,82	5103,97	4543,91	604,02	749,03	545,31	539,37	
76250000	FD	456	1945,49	1923,64	1941,68	632,37	350	387,82	345,76	195,5	
76251000	FD	462	1945,52	1926,49	1942,9	641,35	352,29	389,84	350,3	198,18	
76260000	FD	576	523,73	300,67	250,18	259,04	166,13	125,51	113,68	119,63	
76300000	FD	6010	5448,22	5601,56	5506,68	5505,09	582,34	720,33	576,62	626,4	
76310000	FD	12100	11059,77	11356,7	11194,41	11095,09	778,22	915,61	791,2	812,73	
76360001	FD	1230	1097,23	1110,8	1110,96	1110,84	270,29	328,27	294,46	310,41	
76370000	FD	1220	1097,35	1111,05	1110,97	1111,17	270,86	327,51	295,38	310,9	
76380000	FD	1810	1631,59	1651,21	1644,22	1653,25	335,14	415,28	366,36	387,31	
76395000	FD	473	494,82	471,52	485,17	417,94	189,86	151,9	148,94	142,26	
76400000	FD	21600	19648,39	22527,47	19781,94	19118,93	1398,83	1700,75	1365,67	1373,46	
76421000	FD	1420	1272	82,87	342,88	251,23	240,39	49,81	106,52	83,63	
76431000	FD	1830	1647,99	1108,26	931,08	628,43	284,15	174,37	167,41	169,65	
76440000	FD	2320	2096,39	1524,87	1351,24	1028,59	357,75	247,18	238,45	222,12	
76460000	FD	926	834,06	861,61	663,59	587,19	209,9	164,51	139,83	131,53	
76470000	FD	1300	1138,31	1155,59	1122,61	1073,03	262,65	196	189,29	185,81	
76490000	FD	4600	4183,51	3599,39	3425,4	3073,31	544,47	392,25	368,32	373,72	
76500000	FD	27800	25265,22	27300,15	24695,01	23676,68	1494,48	1666,99	1413,33	1426,59	
76550000	FD	377	342,34	339,33	345,67	349,01	130,49	137,37	128,93	133,96	
76560000	FD	29400	26663,09	28991,46	26071,76	25043,12	1533,51	1720,26	1436,82	1468,69	
76600000	FD	31000	28197,84	30528,69	27612,01	26587,16	1616,33	1822,47	1523,8	1577,56	
76650000	FD	2560	2320,73	2444,72	2369,03	2337,16	370,72	414,27	372,06	375,72	
76700000	FD	3200	2917,95	2831,62	2883,57	2894,97	417,65	430,61	401,07	422,41	
76742000	FD	1160	1059,48	1059,59	1060,17	1060,29	262,22	286,66	269,04	280,42	
76750000	FD	5940	5419,8	5303,55	5383,06	5393,1	527,36	571,01	527,86	548,52	
76800000	FD	42500	38643,41	40979	38080,7	37029,49	1636	1808,17	1572,44	1621,6	

*Estações Inativas em Itálico e Estações Ativas sem Itálico



Tabela 2 – Diferença percentual das áreas e perímetros das drenagens das estações.

Estações	Área(%)			Perímetro(%)			
	ASTER	TOPO	SRTM30	ASTER	TOPO	SRTM30	
76030000 Parada Chagas RL 1	F	97,38%	97,62%	0,42%	84,62%	88,40%	7,97%
76050000 São Lucas	F	6,87%	0,08%	1,43%	1,98%	7,01%	4,53%
76070000 Júlio de Castilhos	F	33,77%	36,15%	53,48%	27,51%	41,55%	52,28%
76240000 Dom Pedrito/CORSAN	F	1,51%	0,20%	67,54%	10,19%	1,32%	44,86%
76250500 Rio Santa Maria (Dom)	F	1,09%	0,16%	67,32%	10,90%	1,11%	43,43%
76290000 Passo dos Farrapos	F	4,24%	1,77%	1,63%	33,76%	5,81%	11,86%
76299000 Ibicuí da Armada	F	2,76%	0,92%	0,96%	25,30%	0,36%	7,02%
76310005 Rosário do Sul	F	2,74%	1,33%	0,43%	18,12%	2,28%	4,44%
76360000 Azevedo Sodré	F	1,77%	0,99%	1,51%	18,24%	6,18%	16,47%
76390000 Saica	F	0,95%	0,77%	0,45%	14,83%	2,21%	7,00%
76420000 Passo da Laje	F	88,37%	88,83%	45,78%	78,15%	73,83%	37,27%
76421010 PCH dos Gatos	F	93,51%	73,10%	80,30%	79,51%	56,05%	65,23%
76421020 PCH Umbu	F	33,08%	43,49%	63,91%	37,03%	39,50%	52,45%
76430000 PCH Rio Jaguari	F	33,18%	44,00%	63,07%	37,91%	41,68%	42,07%
76555000 Passo do Camilo	F	0,12%	1,32%	1,53%	7,30%	1,73%	5,78%
76628000 PCH Rio Itu	F	1,28%	0,51%	0,15%	18,09%	6,56%	15,60%
76630000 Cachoeira Santa	F	8,59%	3,19%	1,11%	5,89%	4,33%	4,05%
76740000 Passo do Firmino	F	0,02%	0,06%	0,01%	8,39%	2,72%	10,29%
76745000 Ponte do Lajeado	F	6,78%	6,67%	0,15%	9,41%	3,55%	8,27%
76749000 Alegrete - Eletrosul	F	29,73%	0,94%	3,76%	25,40%	10,64%	19,55%
76755000 Ponte do Jararaca	F	29,73%	0,94%	3,76%	25,40%	10,64%	19,55%
76800001 Passo do Mariano	F	6,06%	1,47%	4,18%	10,54%	3,75%	0,97%
76980000 Passo do Ibicuí	F	5,95%	0,97%	3,41%	12,42%	1,93%	2,64%
76077000 Usina Quebra Dente	FD	33,78%	36,15%	53,48%	27,51%	41,55%	52,28%
76081000 Guaçuipi	FD	89,22%	91,58%	88,73%	71,96%	79,25%	73,82%
76085000 Cachoeira 5 Veados	FD	169,89%	19,80%	47,56%	45,91%	35,33%	45,42%
76100000 Vila Clara	FD	98,26%	2,02%	23,48%	26,66%	22,73%	30,13%
76120000 Ponte Toropi	FD	85,70%	1,41%	24,56%	21,97%	20,83%	28,60%
76200000 Passo Santa Vitória	FD	49,29%	0,61%	11,52%	24,01%	9,72%	10,70%
76250000 Dom Pedrito	FD	1,12%	0,20%	67,50%	10,81%	1,21%	44,14%
76251000 Dom Pedrito	FD	0,98%	0,13%	67,03%	10,66%	0,56%	43,74%
76260000 Passo do Guterres	FD	42,59%	52,23%	50,54%	24,45%	31,57%	27,99%
76300000 Ponte Ibicuí da Armada	FD	2,81%	1,07%	1,04%	23,69%	0,98%	7,56%
76310000 Rosário do Sul	FD	2,68%	1,22%	0,32%	17,65%	1,67%	4,43%
76360001 Azevedo Sodré	FD	1,24%	1,25%	1,24%	21,45%	8,94%	14,85%
76370000 Azevedo Sodré	FD	1,25%	1,24%	1,26%	20,92%	9,05%	14,78%
76380000 Cacequi	FD	1,20%	0,77%	1,33%	23,91%	9,32%	15,57%
76395000 Passagem BR-287	FD	4,71%	1,95%	15,54%	19,99%	21,55%	25,07%
76400000 Foz do Rio Santa	FD	14,65%	0,68%	2,69%	21,58%	2,37%	1,81%
76421000 Passo dos Cardosos	FD	93,49%	73,04%	80,25%	79,28%	55,69%	65,21%
76431000 PCH Furnas do	FD	32,75%	43,50%	61,87%	38,63%	41,08%	40,29%
76440000 Jaguari	FD	27,26%	35,54%	50,94%	30,91%	33,35%	37,91%
76460000 Ernesto Alves	FD	3,30%	20,44%	29,60%	21,62%	33,38%	37,34%
76470000 Passo do Jaguarzinho	FD	1,52%	1,38%	5,73%	25,38%	27,93%	29,26%
76490000 Passo do Loreto	FD	13,96%	18,12%	26,54%	27,96%	32,35%	31,36%
76500000 Jacaqua	FD	8,05%	2,26%	6,29%	11,54%	5,43%	4,54%
76550000 Ponte do Miracatu	FD	0,88%	0,97%	1,95%	5,27%	1,20%	2,65%
76560000 Manoel Viana	FD	8,73%	2,22%	6,08%	12,18%	6,30%	4,23%
76600000 Passo do Itaum	FD	8,27%	2,08%	5,71%	12,75%	5,72%	2,40%
76650000 Passo da Cachoeira	FD	5,34%	2,08%	0,71%	11,75%	0,36%	1,35%
76700000 Passo dos Britos	FD	2,96%	1,18%	0,79%	3,10%	3,97%	1,14%
76742000 Passo do Osório	FD	0,01%	0,06%	0,08%	9,32%	2,60%	6,94%
76750000 Alegrete	FD	2,14%	0,68%	0,49%	8,28%	0,10%	4,01%
76800000 Passo do Mariano Pinto	FD	6,04%	1,46%	4,18%	10,52%	3,89%	0,88%

*Estações Inativas em Itálico e Estações Ativas sem Itálico



4. CONCLUSÃO

Considerando a delimitação automática das áreas de drenagem das estações fluviométricas da sub-bacia 76, executada com base em diferentes MDE, verificou-se que os modelos digitais de elevação obtidos por sensores remotos podem gerar resultados consistentes. Apesar dos resultados muito satisfatórios em grande parte das áreas de drenagem geradas no estudo, alerta-se que as áreas mais planas e cabeceiras de bacias devem receber maior atenção. A utilização de MDE interpolados provenientes de curvas de nível pode ser uma boa opção para a verificação dos resultados.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - empresa pública de pesquisa do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. P. DE; TELES, M. G. L.; LAGO, W. J. S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25 a 30/04/2009, **Anais...** INPE, v. 1, p. 4631 – 4638. 2009.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Sistema de informações hidrológicas. 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2014.
- CARDOSO, M.R.D., MARCUZZO, F.F.N. Estudo da morfologia areal da bacia do rio Araguaia utilizando MDE. **Revista Geoaraguaia**. v. 1, p. 69-76, 2011. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4025661>>. Acesso em: 14 out. 2014.
- DE SOUZA, C. H. W.; BAZÍLIO, S. WRUBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; VILAS BOAS, M. A. Delimitação automática da microbacia hidrográfica do Rio das Lontras, através de dados SRTM. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Brasil, 13 – 18 abril 2013, **Anais...** INPE, v. 1, p. 5515 – 5522. 2013.
- EARTH explorer. Desenvolvido por U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2014. Permit your search in area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the help documentation), and/or choose a date range. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 6 abr. 2015.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute. ArcGIS. **Sistema de Informação Geográfica para área de trabalho de computador**, versão 10.3. 2015.
- GOULARTE, E.R.P.; MARCUZZO, F.F.N.; MACEDO, F.C. Estudo Hidromorfométrico da Área de Contribuição da Bacia Hidrográfica a Montante de Goiânia/GO. **Revista GeoAraguaia**, v. Edição, p. 147-162, 2013. Disponível em: <<http://revistas.cua.ufmt.br/revista/index.php/geoaraguaia/article/viewArticle/470>>. Acesso: 14 out. 2014.
- GROHMANN, C. H. Análise comparativa preliminar entre dados SRTM, Topodata, ASTER GDEM e Modelos de Superfície/Terreno do Projeto Radiografia da Amazônia. In SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: INPE 2015. p. 5726-5732. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1173.pdf>>. Acesso em 11 Jun. 2015
- HASENACK, H.; WEBER, E (Org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM.
- KOEFENDER, A. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí**. 2015. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/40514>>.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, G. Handbuch der Klimatologie. C. Gebr, Borntraeger, Berlin, 1936. p. 1–44. Disponível em:



- <https://www.climond.org/Public/Data/Publications/Koeppen_1936_GeogSysKlim.pdf>. Acesso: 15 mai. 2013.
- MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. Delimitação e estudo das ottobacias da sub-bacia 63 utilizando MDE de imagens de radar ASTER GDEM. **Revista Georaguiaia**, v. 3, p. 50-60, 2013. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4340755>>. Acesso: 14 out. 2014.
- MARCUZZO, F. F. N.; PICKBRENNER, K. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 80, 85, 90 e 95% de permanência da sub-bacia 87**. Porto Alegre: CPRM, 2015. 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade.
- MARCUZZO, F.F.N.; CARDOSO, M.R.D.; VEIGA, A.M. Estudo da Delimitação por MDE de Ottobacias de Cursos de Água da Sub-Bacia 63 Visando o Cálculo de Perímetro e Área de Drenagem. In: II Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia, 2010, São Paulo. **Anais do II Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia**. São Paulo: EDUSP, 2010. v. 1. p. 72-72. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_delimitacao_Marcuzzo.pdf>. Acesso: 25 ag. 14.
- MELATI, M. D. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 para a sub-bacia do Taquari-Antas**. 2015. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/40514>>.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Modelos digitais de elevação na delimitação automática das sub-bacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. 1 DVD. Disponível: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0075.pdf>>. Acesso: 3/5/15.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Science**, v. 11, p. 1633-1644, 2007. Disponível em: <<http://people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html>>. Acesso em: 6 ago. 2014.
- PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas**. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1989. (Manuscrito não publicado)
- PERINI, A. B.; MARCUZZO, F. F. N.; DA SILVA, D. R. A. Modelos Digitais de Elevação no mapeamento de suscetibilidade de inundação no município de Pedro Osório/RS. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Brasil, 13 – 18 abril 2013, **Anais...** INPE, v. 1, p. 6417–6424. 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1167.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2014.
- PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf>. Acesso: 3 abr. 2015.
- SIMON, F. W.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo do regime pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. Artigos, p. 1-8. CD-ROM. Disponível: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/22de4a642c2c18259e4809409096e0ff_6f2356d4ea7d3fcaba0d55bad04e4bea4.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2013.
- TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Análise hidromorfológica da sub-bacia 87. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 11, 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2012. p. 1-20. CD-ROM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Analise_Marcuzzo.pdf>. Acesso: 5 ago. 2014.