

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

RELATÓRIO TÉCNICO

Altimetria de estações fluviométricas desativadas em 2019 no Estado de Rondônia



Residência de Porto Velho – REPO

PORTO VELHO

Abril/2020

EQUIPE EXECUTORA

Joana Angélica Cavalcanti Pinheiro
Pesquisadora em Geociências – D Sc.

Hérculys Pessoa e Castro
Pesquisador em Geociências

Fernanda Aline Petry
Técnica em Geociências

Eyck Adan de Medeiros Silva Fonseca
Técnico em Geociências

SUMÁRIO

1 – ANTECEDENTES.....	2
2 – INTRODUÇÃO	3
3 – ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS EXTINTAS	5
4 – MATERIAL E MÉTODOS	7
5 – RESULTADOS	8
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

1 – ANTECEDENTES

A Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) consiste em pontos de monitoramento, onde são coletados dados espaço-temporais das diversas variáveis que compõem o ciclo hidrológico em todo o Brasil. Atualmente a Agência Nacional de Águas (ANA) é o órgão gestor e difusor desses dados, reunindo informações oriundas de várias entidades públicas e privadas, tendo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) como o principal parceiro e gerador de dados hidrológicos.

Com o advento de acordo firmado entre a ANA e o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) a RHN vem tomando um novo rumo, onde foram definidos objetivos de interesse federal em vários pontos de monitoramento e estratégias de adequação progressiva da rede hidrometeorológica mantida pela ANA/CPRM a um novo formato mais racional de distribuição, frequência e qualidade de monitoramento de cotas e vazões dos rios. A partir de 2017, algumas estações fluviométricas passaram a receber maior atenção e destinação de recursos financeiros, integrando o grupo de “referência”, denominado de RHNR, enquanto outras que não atendiam aos objetivos e que possuíam pequena área de drenagem passaram a ser extintas a partir de 2019.

Considerando-se que as estações fluviométricas com perspectiva de desativação possuem, em alguns casos, décadas de monitoramento, que os critérios de elegibilidade de pontos que irão compor a RHNR podem ser mutáveis e que várias estações têm sua referência de nível (RN) arbitrária ou baseada apenas na profundidade máxima da seção, necessitou-se realizar levantamentos altimétricos que permitissem a reinstalação das seções de réguas em cotas iguais às anteriores, garantindo impactos mínimos na relação cota-vazão traçada ao longo da série histórica. Neste contexto, foram definidas cotas geométricas e ortométricas para as RN's das estações extintas em 2019, bem como atribuídas taxas de conversão entre a cota “zero” da régua e o nível médio do mar.

2 – INTRODUÇÃO

Hoje é indiscutível a importância da aquisição de dados altimétricos de forma precisa e célere. Especificamente na área hidrológica, podemos empregar tais dados de diversas maneiras como em trabalhos com modelos hidrológicos, mapeamento de manchas de inundação e definição precisa do perfil longitudinal dos rios. Ainda neste cenário, várias estações utilizam sua referência de altitude fluviométrica de forma arbitrária, baseada na profundidade máxima da seção, entretanto, por diversas circunstâncias, o conhecimento de sua altitude em relação ao nível do mar torna-se imprescindível.

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é uma tecnologia que promove um intercâmbio de dados entre satélites em órbita e equipamentos na superfície terrestre, permitindo a localização e aferição de distâncias horizontais (planimétrica) ou verticais (altimétricas) em relação a elipsóides (*Datum*), que são representações matemáticas aproximadas do formato da terra. Conforme mostra a Figura 01, o dado obtido pelo GPS fornece uma altitude geométrica (h) que precisa ser corrigida pela ondulação do geóide (N) para se obter a altitude ortométrica (H) em relação ao nível do mar. No Brasil, o nível médio dos mares é definido pelas observações maregráficas tomadas entre os anos de 1949 e 1957 no Porto de Imbituba, no litoral do estado de Santa Catarina (DALAZOANA, 2005).

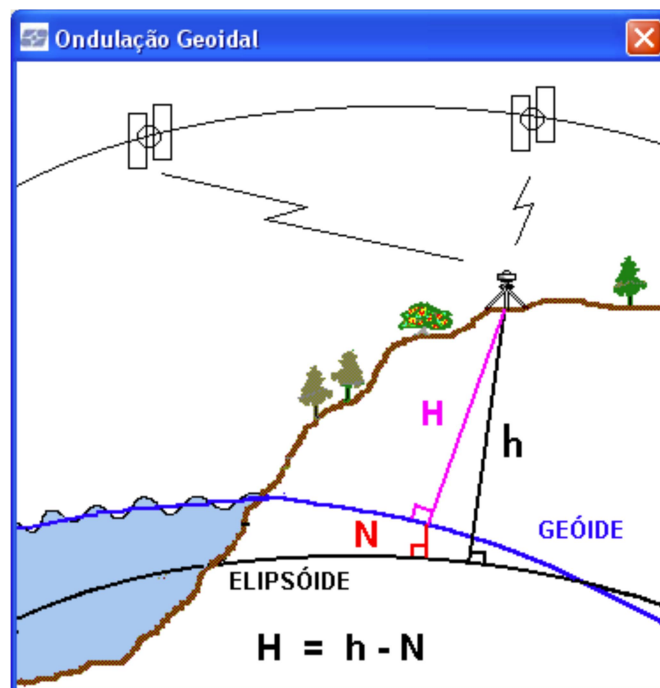


Figura 01 – Ondulação Geoidal (Fonte: Modelo MAPGEO2004).

As altitudes que tem o geóide como seu referencial são denominadas de ortométricas, sendo definidas pela distância vertical do ponto da superfície terrestre até o geóide. A capacidade de obter posição relativa com alta precisão na altimetria, impôs a necessidade de um melhor conhecimento das ondulações do geóide (N) de modo a compatibilizar a determinação da altitude geométrica (h) com a altitude ortométrica (H). Assim, com o advento do GPS, o conhecimento do geóide deixou de ser importante apenas no posicionamento horizontal, mas tornou-se importantíssimo no posicionamento vertical.

O método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) é um dos métodos de posicionamento geodésicos mais utilizados. Esse processamento apresenta alta precisão e geralmente, utilizam-se receptores de dupla frequência e as efemérides precisas, as quais são responsáveis pela redução dos erros de órbitas e erro dos relógios dos satélites.

O IBGE-PPP é um serviço gratuito que permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e ao ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) através de um processamento preciso. As altitudes ortométricas são calculadas usando o Modelo de Ondulação Geoidal – MAPGEO2015 e fornecem resultados que aplicam: a correção dos efeitos da troposfera; a correção dos erros dos relógios dos satélites; cálculo da temperatura e pressão baseado no modelo empírico; implementação do uso dos parâmetros de orientação terrestre e saída PDF com gráficos da precisão e convergência das coordenadas.

O cálculo para a obtenção da cota ortométrica é baseado na equação 01 a seguir:

$$\text{Altitude ortométrica} = \text{Altitude geométrica} - \text{Ondulação geoidal} \quad \text{Eq.(01)}$$

De posse dos dados processados no IBGE-PPP é possível obter informações altimétricas com alto nível de precisão, obtendo-se, assim, a taxa de conversão das cotas das estações fluviométricas sob referência arbitrária para a altitude ortométrica.

3 – ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS EXTINTAS

Comparando o Plano de Trabalho de 2018 e o de 2019 da RHN, a Residência de Porto Velho excluiu de sua operação 09 (nove) estações fluviométricas, sendo elas: Cachoeira do Cachimbo (15170000), Corumbiara (15135000), Espigão D'Oeste (15558700), Fazenda Rio Branco (15431000), Mineração Ponte Massangana (15432000), Ouro Preto D'Oeste (15562000), Ponte do Rio Crespo (15445000), São Francisco do Guaporé (15190000) e São Miguel do Guaporé (15180000), todas elas localizadas no estado de Rondônia, conforme mostra a Figura 02.

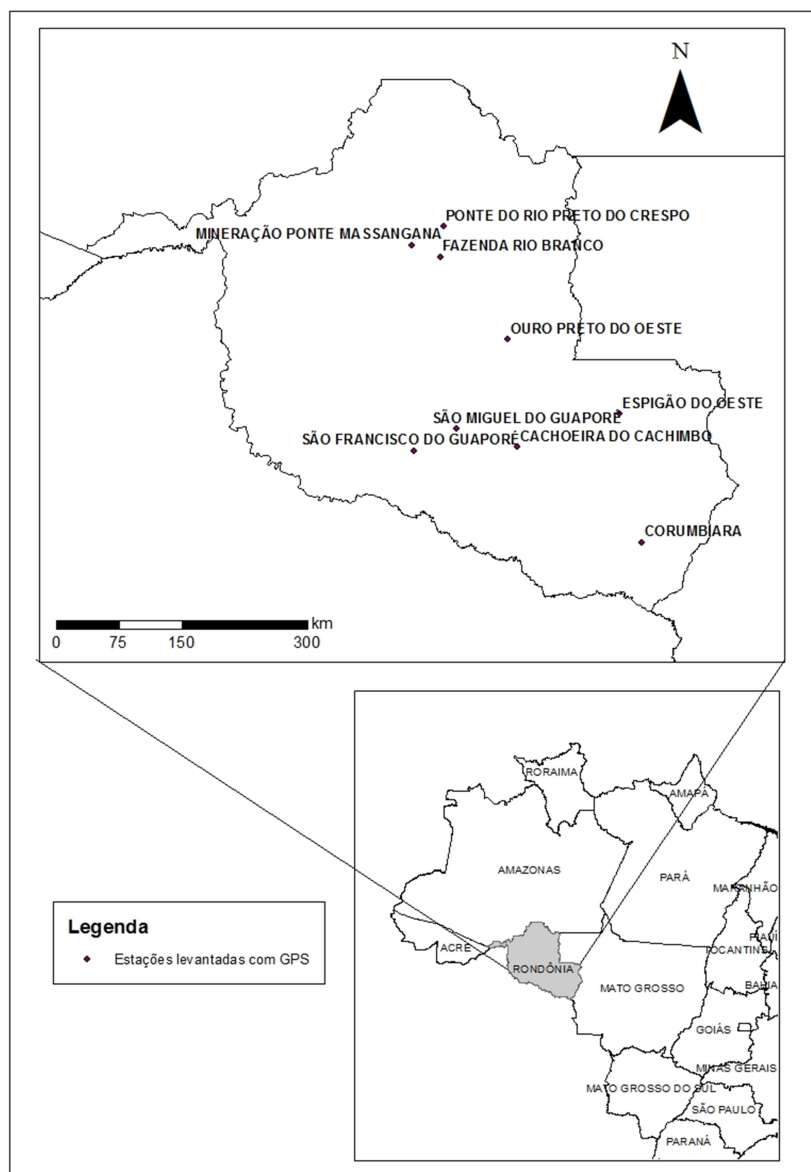


Figura 02 – Localização das estações fluviométricas extintas em 2019.

Essas estações apresentavam séries históricas com início de monitoramento variável, entre 1979 e 2010. Apesar de algumas já existirem a vários anos, elas possuíam problemas no monitoramento e/ou pouca área de drenagem, bem como, não atendiam a critérios que às tornassem elegíveis a ingressarem na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência. A Tabela 01 mostra os critérios adotados pela ANA em relatório de 2016.

Tabela 01 – Objetivos das Estações da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência

Objetivo	Descrição
01	Controle de Fronteira
02	Eventos Críticos
03	Balanço e Disponibilidade Hídrica
04	Tendências e Mudanças de Longo Prazo
05	Suporte a Qualidade das Águas
06	Regulação

4 – MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizado o equipamento GeoTech GTR-G2, que realiza o rastreamento do GPS baseado em receptores de dupla frequência (L1/L2), tendo-se utilizado a configuração para coleta de dados direcionada para a metodologia Posicionamento por Ponto Preciso (PPP).

O local de colocação do equipamento em cada estação foi fundamentado em alguns parâmetros a fim de garantir o máximo de confiabilidade possível. Primeiramente, procedeu-se a análise da estabilidade das RN's e optou-se pela que foi considerada de base mais estável e com menos alterações na sua cota. Em seguida executou-se a instalação da antena do GPS de modo a manter uma boa aquisição de satélites sendo que, em todas as estações visitadas, foi necessária a definição de um ponto de apoio cuja cota foi calculada baseada no nivelamento a partir da RN pré-definida. Observou-se ainda a permanência do GPS por, no mínimo, 3 horas em cada ponto, descartando-se os minutos iniciais devido à grande variação dos valores de altitude em decorrência do processo de rastreamento de satélites pelo equipamento.

Posteriormente à aquisição dos dados, os arquivos brutos do GPS (".PCD") foram descarregados e transformados para o formato *rinex*, por meio do *software* Convert4, sendo esse o formato requerido pela plataforma on-line de processamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Por fim, os dados foram processados no site <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.html>, inserindo-se o arquivo *rinex*, informações sobre o modelo da antena (NOV702GG NONE) e a altura, padronizada para este trabalho como 2 m. O resultado do processamento forneceu as altitudes ortométricas calculadas usando o Modelo de Ondulação Geoidal.

Foi realizada a aquisição dos dados de GPS de oito estações que compunham a Rede Hidrometeorológica Nacional e que foram extintas no ano de 2019. A aquisição de informações precisas quanto à altitude ortométrica do zero da seção de réguas da estação torna-se crucial para a reativação dessas estações.

5 – RESULTADOS

Abaixo é apresentada a Tabela 02 com o resumo dos dados obtidos e, logo a seguir, os registros fotográficos (Figuras 03 a 11) da coleta de campo e tabelas com demais resultados específicos gerados pelo processamento do IBGE-PPP. Não foi possível fazer o levantamento na estação de São Francisco do Guaporé pois não existia mais RN's ou régua.

Ressalta-se que a altitude do “Zero” da régua é uma taxa de conversão que pode ser somada a todas as cotas dos RN's e das régua linimétricas da mesma estação, para que se obtenha a altitude em relação ao nível do mar. Na Tabela 02 o cálculo desta taxa de conversão foi obtido através da cota ortométrica, descontando-se a cota do RN ou “piquete”, conforme Equação 02:

$$\text{Taxa de conversão} = \text{Cota Ortométrica} - \text{Cota da RN} \quad \text{Eq.(02)}$$

Tabela 02 – Taxas de conversão das estações extintas em 2019, no estado de Rondônia, da Rede Hidrometeorológica Nacional

Nome	Código ANA	Altitude do piquete (referência arbitrária) (m)	Altitude Geométrica (m) ¹	Altitude Ortométrica (m) ¹	Altitude do "zero" da régua (m) ²
Cachoeira do Cachimbo	15170000	8,08	250,91	232,26	224,18
Corumbiara	15135000	12,48	237,79	221,64	209,16
Espigão D'Oeste	15558700	6,39	238,05	225,23	218,84
Fazenda Rio Branco	15431000	10,85	115,03	101,16	90,31
Mineração Ponte Massangana	15432000	13,17	126,64	112,55	99,38
Ouro Preto D'Oeste	15562000	3,36	223,44	209,19	205,83
Ponte do Rio Crespo	15445000	13,42	111,48	99,22	85,81
São Francisco do Guaporé	15190000	-	-	-	-
São Miguel do Guaporé	15180000	11,69	185,06	165,74	154,05

¹ Altitudes obtidas no ponto de aquisição do GPS.

² Altitude ortométrica do "zero" da régua em relação ao nível do mar (m).

a) Cachoeira do Cachimbo (15170000):



Figura 03 – Estação fluviométrica de Cachoeira do Cachimbo/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-11° 55' 51,0734"	-62° 09' 09,5788"	250,91	8680951.353	592267.116	-63
Na data do levantamento ⁵	-11° 55' 51,0661"	-62° 09' 09,5803"	250,91	8680951.577	592267.072	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,008	0,032	0,018			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	18,65					
Altitude Ortométrica (m)	232,26					

b) Corumbiara (15135000):



Figura 04 – Estação fluviométrica de Corumbiara/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-13° 02' 58,1213"	-60° 56' 35,7663"	237,79	8556488.513	723033.817	-63
Na data do levantamento ⁵	-13° 02' 58,1139"	-60° 56' 35,7676"	237,79	8556488.741	723033.780	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,005	0,007			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	16,15					
Altitude Ortométrica (m)	221,64					

c) Espigão D'Oeste (15558700)



Figura 05 – Estação fluviométrica de Espigão D'Oeste/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-11° 34' 21,1379"	-61° 03' 03,5774"	238,05	8719988.156	712533.421	-63
Na data do levantamento ⁵	-11° 34' 21,1306"	-61° 03' 03,5790"	238,05	8719988.381	712533.374	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,004	0,007			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	12,82					
Altitude Ortométrica (m)	225,23					

d) Fazenda Rio Branco (15431000)



Figura 06 – Estação fluviométrica de Fazenda Rio Branco/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-9° 53' 14,7796"	-62° 59' 06,9390"	115,03	8907032.596	501615.899	-63
Na data do levantamento ⁵	-9° 53' 14,7726"	-62° 59' 06,9407"	115,03	8907032.811	501615.848	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,006	0,008			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	13,87					
Altitude Ortométrica (m)	101,16					

e) Mineração Ponte Massangana (15432000):



Figura 07 – Estação fluviométrica de Mineração Ponte Massangana/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-9° 45' 37,2012"	-63° 17' 17,0392"	126,64	8921072.209	468406.225	-63
Na data do levantamento ⁵	-9° 45' 37,1945"	-63° 17' 17,0413"	126,64	8921072.415	468406.161	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,003	0,007			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	14,09					
Altitude Ortométrica (m)	112,55					

f) Ouro Preto D'Oeste (15562000):



Figura 08 – Estação fluviométrica de Ouro Preto D'Oeste/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-10° 46' 16,4247"	-62° 15' 26,7502"	223,44	8809217.361	581185.172	-63
Na data do levantamento ⁵	-10° 46' 16,4175"	-62° 15' 26,7519"	223,44	8809217.582	581185.121	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,011	0,010			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	14,25					
Altitude Ortométrica (m)	209,19					

g) Ponte do Rio Crespo (15445000)



Figura 09 – Estação fluviométrica de Ponte do Rio Crespo/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-9° 33' 23,5401"	-62° 57' 02,2426"	111,48	8943617.098	505418.680	-63
Na data do levantamento ⁵	-9° 33' 23,5331"	-62° 57' 02,2443"	111,48	8943617.313	505418.628	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,004	0,006			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	12,26					
Altitude Ortométrica (m)	99,22					

h) São Francisco do Guaporé (15190000)



Figura 10 – Estação fluviométrica de São Francisco do Guaporé/RO.

A estação encontrava-se totalmente destruída, com a placa de identificação jogada no chão, sem réguas e sem vestígio da RN que ficava próximo à base da ponte. Portanto, não foi possível realizar o trabalho com o GPS nessa estação.

i) São Miguel do Guaporé (15180000)



Figura 11 – Estação fluviométrica de São Miguel do Guaporé/RO.

Coordenadas SIRGAS						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-11° 43' 59,2481"	-62° 48' 27,1670"	185,06	8702949.496	520970.744	-63
Na data do levantamento ⁵	-11° 43' 59,2408"	-62° 48' 27,1683"	185,06	8702949.721	520970.705	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,001	0,005	0,006			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	19,32					
Altitude Ortométrica (m)	165,74					

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades para aquisição de dados altimétricos das estações desativadas em 2019 obtiveram êxito no seu objetivo, excetuando-se o levantamento na estação de São Francisco do Guaporé. As altitudes Geométricas e Ortométricas estão intrinsicamente ligadas, respectivamente, ao *datum* e ao modelo geoidal a partir das quais elas foram geradas, sendo eles SIRGAS 2000 e MAPGEO2015.

Em uma possível reinstalação das estações fluviométricas desativadas, deverá se fazer um novo levantamento altimétrico, principalmente nos casos em que os RN's não estejam mais disponíveis. Neste levantamento futuro, deve-se observar se o modelo geoidal utilizado no processamento é o mesmo MAPGEO2015, caso o contrário, deve-se obter a taxa de conversão da cota arbitrária das estações com base na altitude geométrica. Os seguintes passos devem ser seguidos:

1. Criação de uma estrutura firme de concreto com ponteira de metal em sua superfície, que servirá como novo RN para a estação;
2. Obter as altitudes geométricas e ortométricas deste novo ponto;
3. Caso o modelo geoidal ainda seja o MAPGEO2015, deve-se subtrair a nova cota ortométrica pela taxa de conversão (“zero” da régua”) encontrada na Tabela 2. Com o resultado desta subtração, conseguir-se-á a cota da nova estrutura, que servirá como Referência de Nível para a reinstalação das réguas na mesma altitude em que se encontravam antes da desativação.
4. Caso o modelo geoidal tenha sido modificado e o *datum* utilizado neste novo levantamento seja igual ao anterior, deve-se calcular a taxa de conversão baseado na altitude geométrica da Tabela 2. Após isso, deve-se subtrair a nova altitude geométrica por essa taxa de conversão encontrada, conseguindo-se também cumprir o objetivo de reinstalar as réguas na mesma altitude em que se encontravam antes da desativação.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência – RHNR**. Objetivos e Critérios. Brasília, 2016.

DALAZOANA, R. **Estudos dirigidos à análise temporal do Datum Vertical Brasileira**. 2005. 188 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

MOREIRA, D.; CALMANT, S.; PEROSANZ, F.; KENUO, R.; SANTOS, A.; SILVA, J.; ROTUNNO FILHO, O. C.; SEYLER, F.; RAMILLEN, G.; MONTEIRO, A. Uso de dados de geodésia espacial para estudos hidrológicos na bacia amazônica. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** Bento Gonçalves, 2013. p. 1-8.