

**SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM
SEGURANÇA DE BARRAGENS**



NOTA TÉCNICA

**RESULTADO DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ÀS CORREÇÕES
PLANIMÉTRICAS NO ÂMBITO DA DEFINIÇÃO DA ÁREA A JUSANTE
POTENCIALMENTE COMPROMETIDA NA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

CONTRATO Nº 051/ANA/2012

BRASÍLIA - DF
NOVEMBRO DE 2014



COBA, S.A.
COBA, LTDA.



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

O Banco Mundial no Brasil
SCN - Qd. 2, Lt. A, Ed. Corporate Financial Center, 7º andar
Brasília, DF - CEP: 70.712-900
Brasil
Tel: (55 61) 3329 1000
Fax: (55 61) 3329 1010
Informacao@worldbank.org

The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433 USA
tel: (202) 473-1000
Internet: www.worldbank.org
Email: feedback@worldbank.org

Esta Nota Técnica é um produto da equipe do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial. As constatações, interpretações e conclusões expressas neste artigo não refletem necessariamente as opiniões dos Diretores Executivos do Banco Mundial nem tampouco dos governos que o representam. O Banco Mundial não garante a exatidão dos dados incluídos neste trabalho. As fronteiras, cores, denominações e outras informações apresentadas em qualquer mapa deste trabalho não indicam qualquer juízo por parte do Banco Mundial a respeito da situação legal de qualquer território ou o endosso ou aceitação de tais fronteiras.

Este relatório foi produzido no âmbito do contrato entre o Banco Mundial e a Agência Nacional de Águas, tendo sido responsável pela elaboração deste relatório a seguinte equipe do Agrupamento COBA/LNEC: José Falcão de Melo e Manuel Oliveira (Pesquisadores do LNEC) e Tiago Martins (Bolsheiro de Investigação do LNEC). O trabalho foi desenvolvido sob a direção de Erwin De Nys (Especialista Sênior em Recursos Hídricos), Paula Freitas (Especialista em Recursos Hídricos) e Maria Inês Muanis Persechini (Especialista em Recursos Hídricos). Esta atividade foi realizada pela Unidade de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (LCSEN) do Departamento de Desenvolvimento Sustentável da América Latina e Caribe do Banco Mundial.

Cópias adicionais podem ser fornecidas por Carolina dos Santos
(cdossantos@worldbank.org)

Foto da Capa: Açude Marechal Dutra (Gargalheiras) – Rio Grande do Norte.
Autor: Marcus Fuckner

**SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM
SEGURANÇA DE BARRAGENS**

NOTA TÉCNICA

**RESULTADO DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ÀS CORREÇÕES
PLANIMÉTRICAS NO ÂMBITO DA DEFINIÇÃO DA ÁREA A JUSANTE
POTENCIALMENTE COMPROMETIDA NA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS**

CONTRATO Nº 051/ANA/2012

Índice

1	Introdução.....	1
2	Altimetria das seções perpendiculares ao vale principal onde se propaga a onda de inundação	4
3	Análise de sensibilidade das correções da zona de observação de ocorrências	10
4	Conclusões.....	17

ANEXO I – Síntese da origem de dados considerados

ANEXO II – Desvios observados entre os talwegues digitalizados e os talwegues dados pelo modelo digital de terreno *SRTM*

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACTEC – ACTEC Engenharia Ltda

ANA – Agência Nacional de Águas

CT - Características Técnicas

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CRI – Categoria de Risco

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

DPA – Dano Potencial Associado

DSIET – Equipe de Especialistas Internacionais em Segurança de Barragens

EC – Estado de Conservação

ICT - Equipe de Consultores Individuais

ICRI – Índice da Categoria de Risco

GEFIS – Gerência de Fiscalização de Serviços Públicos da ANA

MDT – Modelo Digital do Terreno

PAE - Plano de Ação de Emergência

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

PS – Plano de Segurança de Barragem

SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

USACE – United States Army Corps of Engineers

WB - Banco Mundial

SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS

NOTA TÉCNICA

RESULTADO DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ÀS CORREÇÕES PLANIMÉTRICAS NO ÂMBITO DA DEFINIÇÃO DA ÁREA A JUSANTE POTENCIALMENTE COMPROMETIDA NA CLASSIFICAÇÃO E BARRAGENS

1 INTRODUÇÃO

1. No sentido de se dar cumprimento ao disposto no nº VI do artigo 2º da Resolução nº 144 do CNRH, de 10 de julho de 2012, um dos desafios que se identificou logo no início dos serviços analíticos e consultivos em segurança de barragens foi como lidar com a escassez de dados que as metodologias normalmente consagradas para a definição de zonas potencialmente comprometidas por rupturas de barragens requerem.

2. Destacam-se a este respeito, em particular, a falta de dados topográficos e relativas à ocupação dos vales a jusante das barragens. Para se ultrapassar esta limitação foi consensualmente acordado entre os técnicos das entidades envolvidas, designadamente do *LNEC* enquanto participante do *DSIET* com a atribuição de desenvolver e aplicar uma metodologia simplificada, do Banco Mundial enquanto entidade que dirigiu os trabalhos e da *ANA* como destinatária dos estudos desenvolvidos, que seria necessário desenvolver-se uma abordagem simplificada, mas que, não obstante, fosse adequada para os fins pretendidos, ou seja, para a definição da área a jusante potencialmente comprometida para efeitos da classificação do dano potencial associado *DPA*.

3. Os trabalhos foram desenvolvidos entre maio de 2013 e novembro de 2014, sendo que a metodologia de definição da área a jusante potencialmente comprometida por eventual ruptura de uma barragem está descrita no relatório designado de Produto 6 - *Classificação de Barragens Reguladas pela Agência Nacional de Águas*, de novembro de 2014 e se aplica às 113 barragens fiscalizadas pela ANA.

4. No desenvolvimento dos trabalhos de definição e aplicação da metodologia de definição da área potencialmente comprometida, houve uma continuada colaboração, discussão e validação de resultados entre os técnicos do *LNEC*, do Banco Mundial e da *ANA*.

5. Um dos aspectos que maior discussão mereceu prende-se com as correções à zona comprometida pela onda de inundação devido à ruptura da barragem, em particular no caso das pequenas barragens, ou seja, obras com menos de 15 m de altura e com reservatórios com volume de armazenamento inferior a 3 hm³. De acordo com o preconizado, estas correções são de dois tipos:

- *Correção altimétrica* – sobreelevação dos níveis máximos de água em cada seção de cálculo considerada na simulação hidráulica simplificada – considerou-se uma sobreelevação de 3m;
- *Correção planimétrica* – criação de uma banda (“*buffer*”) ao longo do vale principal a jusante da barragem correspondente a uma translação lateral de um valor determinado do talvegue para cada lado deste – considerou-se uma translação de ± 250 m.

6. O resultado da classificação do *DPA* das 113 barragens da *ANA* revelou-se particularmente preocupante pois, das 113 barragens analisadas, todas são de classe *DPA Alto*. Este resultado é particularmente penalizador no caso das pequenas barragens (53 das 113 barragens fiscalizadas pela *ANA*), dado que ficam dentro do escopo do Regulamento de Segurança “*apenas*” por não terem *DPA* associado *Baixo*. Em relação às 53 pequenas barragens analisadas, ao estarem dentro do escopo do regulamento devido à classificação do *DPA*, passa a ser obrigatório para o empreendedor o cumprimento de uma série de requisitos legais, tais como o Plano de Ação de Emergência e as inspeções periódicas.

7. Uma das questões que recorrentemente se debateu entre os técnicos envolvidos neste estudo prende-se com o impacto que terão a correção altimétrica e, muito em especial, a correção planimétrica, no resultado da classificação do *DPA*.

8. Cabe aqui relevar que não se considera que, com esta nota técnica, se esteja a colocar em causa a necessidade das correções altimétrica e planimétrica aos “mapas de inundação” produzidos no âmbito da classificação das 113 barragens fiscalizadas pela *ANA*, no sentido preconizado no relatório de classificação – Produto 6.

9. Conforme recomendado nesse mesmo relatório, considera-se que qualquer melhoramento que se pretenda introduzir na classificação das barragens passará por considerar informação topográfica de boa qualidade e que inclua também a informação de ocupação do vale a jusante, uma vez que através de dados mais exatos e consistentes, se poderá com elevada confiança usar os resultados do método simplificado sem necessidade de quaisquer correções adicionais.

10. Alternativamente, no caso de pequenas barragens com ocupação escassa do vale a jusante, a revisão de classificação poderá ser feita de forma objetiva com base na área comprometida, incorporando as correções altimétrica e planimétrica, mas complementada com confirmações no terreno as destinadas a dirimir dúvidas quanto aos efetivos usos e/ou existência de edificações sujeitas à ocupação permanente ou que, a confirmar-se este fato, por confirmação local da diferença de cotas entre a edificação e o talvegue, se constate que estas não são atingidas pela onda de inundação, cuja altura de água se retira diretamente do cálculo simplificado.

11. Feita esta ressalva, procede-se nesta nota técnica à apresentação de uma análise de sensibilidade do efeito das correções altimétrica e, em particular, da correção planimétrica, na classificação do *DPA* para o subconjunto das 53 pequenas barragens do universo de 113 barragens fiscalizadas pela *ANA*.

2 ALTIMETRIA DAS SEÇÕES PERPENDICULARES AO VALE PRINCIPAL ONDE SE PROPAGA A ONDA DE INUNDAÇÃO

12. O método de cálculo hidráulico pressupõe a subdivisão do trecho do vale a jusante da barragem em múltiplas seções transversais, na extensão considerada como de interesse para efeitos de *DPA* (vidé 3.2.1 - Cálculo da extensão da área inundada para jusante, no relatório do Produto 6 de novembro de 2014).

13. De acordo com o apresentado em 3.2.5 do relatório do Produto 6, o procedimento simplificado pressupõe estar-se na posse *à priori* do traçado do talvegue da linha de água a jusante em base digital. No caso das barragens fiscalizadas pela ANA, as origens dos talvegues digitalizados consideradas foram diversas, sendo que se apresenta no Anexo I para cada caso a origem dos dados do talvegue digitalizado, sendo que nos casos em que não se dispunha à partida dessa informação, se procedeu à digitalização do talvegue utilizando as imagens de satélite disponíveis no *Google Earth* ou no *ArcMap*.

14. Em especial no caso de pequenas barragens, é normal as ribeiras ou córregos apresentarem uma meandrização pronunciada para as vazões mais frequentes, que são muito inferiores às vazões de cheia e, em particular, em relação às vazões máximas que se produziriam por uma eventual ruptura da barragem. Afigura-se pois como lícito admitir que um escoamento com vazão elevada não respeitará o traçado dos meandros pronunciados, mas sim que se produzirá segundo o alinhamento médio do leito de cheia, cujas curvas são muito menos acentuadas do que as apresentadas pelo leito menor.

15. Neste pressuposto, procedeu-se à suavização dos talvegues com o propósito de definir o eixo do canal natural ao longo do qual se propagará a onda de ruptura, e que se destina a estabelecer as seções georeferenciadas perpendiculares ao escoamento dominante, conforme indicado no exemplo das Figura 1 e Figura 2. Nesta última figura, as linhas com traço interrompido representam as seções perpendiculares ao talvegue suavizado.

16. A suavização dos talvegues e implantação de perfis transversais foi feita com base num procedimento automático desenvolvido para o efeito sobre o ArcGIS. Contudo, uma análise crítica dos resultados obtidos evidenciou que estes deviam ser pontualmente revistos de forma manual, de forma a ter em conta incompatibilidade dos dados de base, como seja a localização da barragem no talvegue fornecido, por vezes muito desviado da localização da imagem satélite utilizada, ou para melhor ajustar a orientação e a localização de alguns perfis face a variações de largura do vale, à presença de afluentes, às variações de inclinação do leito, etc.



Figura 1 - Digitalização da linha de água original e cálculo da linha de água suavizada

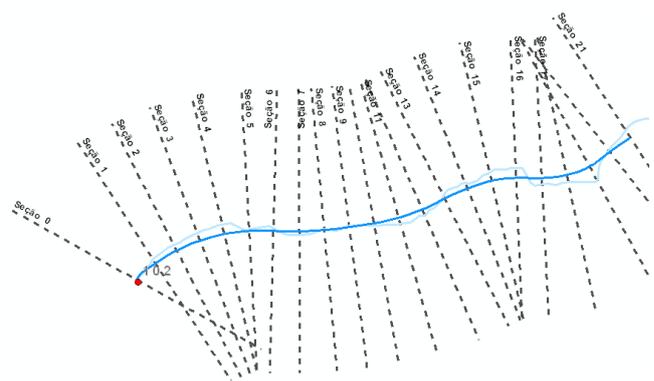


Figura 2 - Seções perpendiculares à linha de água suavizada

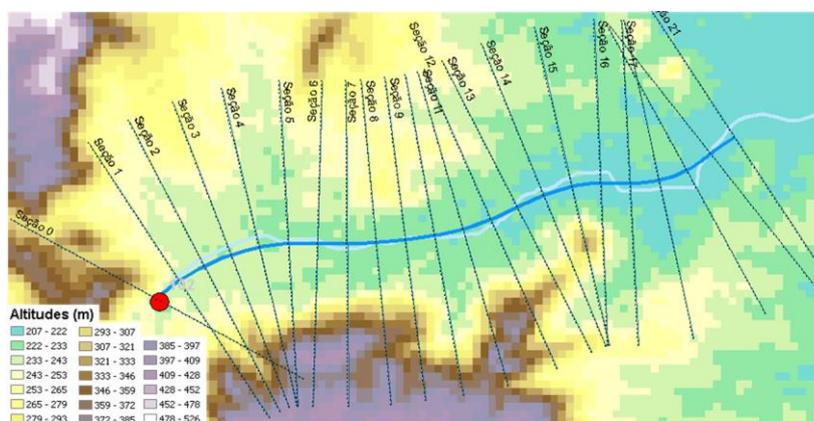


Figura 3 - Exemplo da sobreposição dos pontos das seções transversais do vale e da altimetria do SRTM

17. A altimetria das seções transversais foi obtida a partir de pontos igualmente espaçados ao longo de cada seção, pontos esses que foram então confrontados (Figura 3) com o modelo digital de elevação, obtendo-se automaticamente, por interpolação, a cota altimétrica de cada ponto a partir das cotas altimétricas do modelo digital de elevação.

18. A questão que interessa aqui destacar é a seguinte – a qualidade dos perfis transversais e o rigor da sua georeferenciação é determinante para a qualidade dos resultados hidráulicos obtidos e para os resultados produzidos posteriormente, ao se proceder à sua restituição ao modelo digital de terreno para se marcar a zona potencialmente comprometida (vide 3.2.7 - *Superfície máxima de inundação*, do relatório Produto 6).

19. Ora sucede que a origem dos dados foi, em regra, a do modelo digital de terreno SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*, que cobre todo o globo terrestre), cujo rigor para os efeitos da análise hidráulica efetuada é bastante menor do que o que seria desejável.

Refira-se a este respeito Rodriguez *et al.* (2006), os quais constataam que, para a América do Sul, o erro altimétrico estimado é de 6,2 m e o erro de geoposicionamento é de 9,0 m (para um grau de confiança de 90 %).

20. Acresce que o *SRTM* não se trata de um modelo digital de terreno, mas sim, em bom rigor, de um modelo digital de elevação, ou seja, as cotas que fornece contemplam também os efeitos da vegetação e das edificações. Não obstante, na falta de melhor informação, tendo presente a natureza simplificada do método desenvolvido e o objetivo a que este se destina, que é unicamente o de permitir a classificação das barragens em termos de *DPA*, considerou-se que seria ainda assim, com as devidas cautelas, adequado considerar estes dados digitais de terreno.

21. Por fim, a área potencialmente comprometida resultante do procedimento simplificado, marcada em *ArcGIS* sobre o modelo digital *SRTM*, é sobreposta com a imagem de satélite disponível para a zona em causa, no sentido de se observar o tipo de ocupação envolvida e se proceder à sua caracterização de acordo com os diferentes critérios de classificação do *DPA* estabelecidos pelo *CNRH*. Sucede que a georeferenciação das imagens satélite também tem por seu turno erros que não são de todo desprezáveis, a que se acumula o erro associado à justaposição de dois sistemas distintos – o modelo digital de terreno *SRTM* e a imagem de satélite utilizada.

22. No tocante às imagens satélite do *Google Earth*, os erros de geoposicionamento apresentam grande variabilidade de exatidão consoante se tratem imagens de grandes cidades ou de outras zonas, sendo mais expressivo o erro associado a imagens de zonas rurais. Becek e Khairunnisa (2011) analisaram estatisticamente os desvios no geoposicionamento das imagens do *Google Earth* com base em 2.040 pontos de referência em todo o globo (20% dos pontos considerados localizam-se na América do Sul) cujas coordenadas se podiam considerar quase perfeitamente conhecidas (grande parte destes pontos estão em aeródromos). Estes autores obtiveram, para um grau de confiança de 90 %, um erro de 250 m entre os valores de referência e os do Google Maps.

23. Esses erros não existem quando haja possibilidade de identificar a ocupação diretamente na base topográfica utilizada para a marcação da zona comprometida, mas tal não foi o caso em nenhuma das barragens fiscalizadas pela *ANA*.

24. Em suma, ao se terem cruzado dados de origens diferentes, houve que fazer face a inevitáveis desvios, incertezas e inconsistências que os próprios dados encerram e que, ao se combinarem entre si, ainda se podem acentuar. No que diz respeito aos perfis transversais, comparou-se a localização do ponto do talvegue identificado na *shape* inicial com o ponto

central do perfil correspondente ao talvegue definido com base no modelo de elevação do terreno utilizado (*SRTM*).

25. Por forma a se conseguir quantificar estes desvios e incertezas, foi assinalada no *shapefile* de cada seção transversal o ponto do talvegue digitalizado. O talvegue digitalizado tanto pode ser proveniente da *shape* fornecida pela ANA como digitalizado a partir das imagens do *Google Earth* (vide Anexo I).

26. Na Figura 4 são apresentados, a título de exemplo, dois perfis (*S8* e *S10*) obtidos pelo processo descrito para uma das barragens analisadas. Ao todo, como resultado deste passo, obtêm-se 22 seções transversais do vale aproximadamente centradas no talvegue.

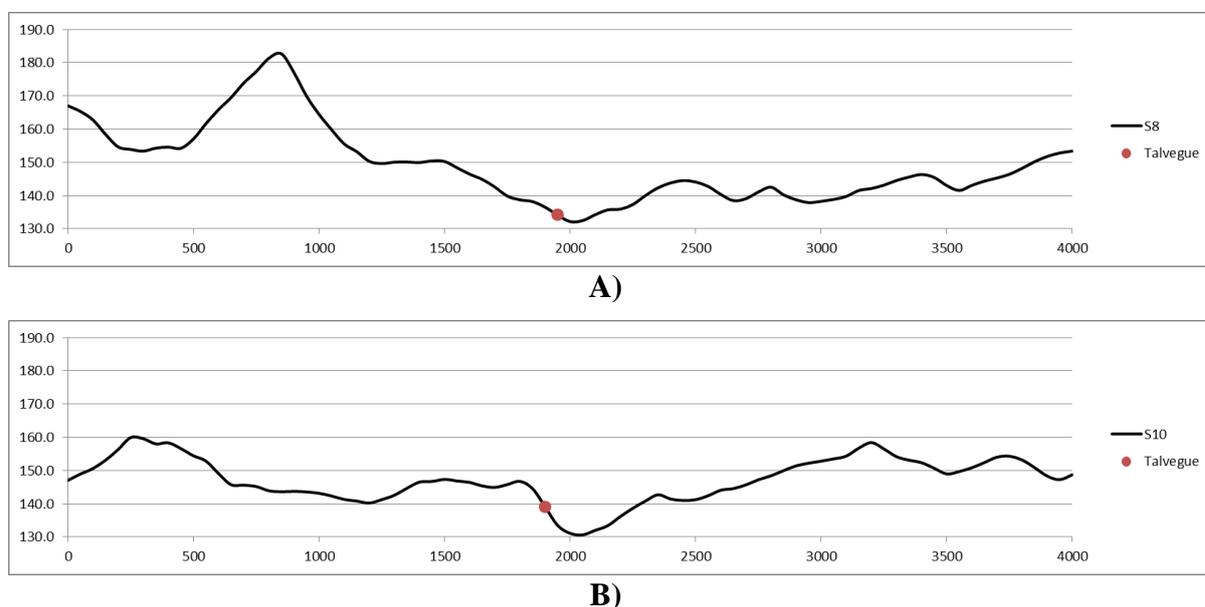


Figura 4 - Representação de dois perfis obtidos após cruzamento dos pontos do talvegue com a seção obtida com o *SRTM*. Desvio entre talvegue do *Google Earth* e o obtido com o *SRTM*: A) pequeno desvio; B) desvio significativo.

27. Procedeu-se, então, para cada um dos 2.478 perfis referentes a todas as barragens analisadas, ao cálculo do desvio entre a localização do talvegue digitalizado e a localização do talvegue dada pelo *SRTM*. A análise estatística dos desvios registados é apresentada na Figura 5 A). Esta análise indica que o desvio entre o talvegue digitalizado e o dado pelo modelo digital de terreno (*SRTM*), que é a base utilizada para marcar a zona inundada, pode ser de ± 250 m, com um grau de confiança de 99,6%. Já para um grau de confiança de 85% esse desvio será de ± 100 m (Figura 6). Apresentam-se no Anexo II os valores destes desvios nos perfis transversais considerados na análise de cada barragem.

28. Na Figura 5 B) apresenta-se o resultado desta análise considerando apenas as pequenas barragens, percebendo-se dos resultados que este desvio é independente, como aliás seria de esperar, da dimensão da barragem, dado que o que está a ser analisado apenas depende da qualidade da informação do talvegue digitalizado e da qualidade da informação altimétrica do modelo digital de terreno. Se estas fontes de informação tivessem elevado rigor e exatidão e fosse assegurada uma elevada compatibilidade entre si, os desvios seriam naturalmente pequenos. Como não é o caso, como já se evidenciou com os dados de que se dispôs para as barragens fiscalizadas pela ANA, constata-se que os desvios entre pontos correspondentes nas diferentes bases são muito importantes. No caso dos talvegues das seções transversais, os desvios entre o talvegue digitalizado e o dado pelo *SRTM* não ultrapassam os 250 m (*vide* Quadro do Anexo I).

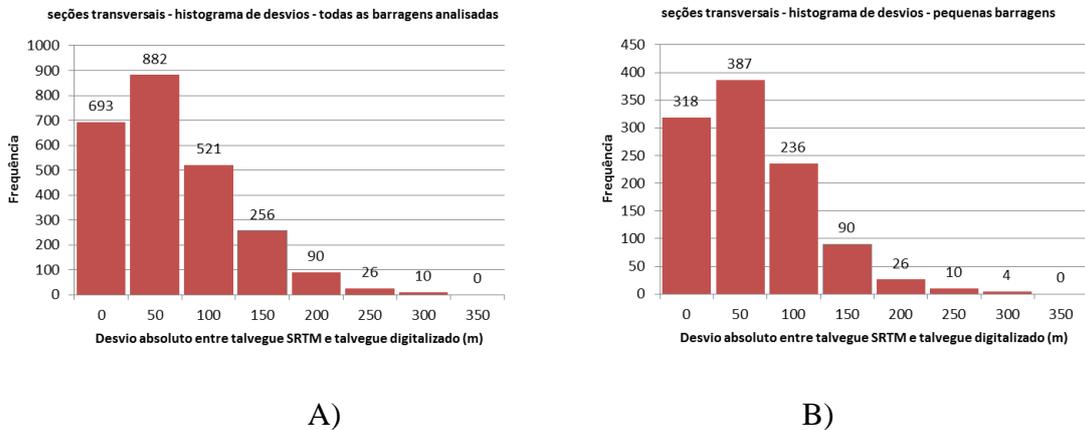


Figura 5 - Desvio entre os talvegues dados pelo *SRTM* e os dados pela rede hidrográfica a partir da imagem satélite ou da *shape* fornecida pela ANA, conforme aplicável. A) todas as barragens analisadas; B) pequenas barragens

29. O desvio observado em cada perfil corresponde a uma acumulação de múltiplos fatores de incerteza e de erros, destacando-se as seguintes situações:

- o grau de rigor do talvegue digitalizado face à realidade no terreno é muito variável conforme a sua origem (nos casos analisados pode ser carta militar 1:100 000, *ArcMaP* ou *Google Earth*, vide Anexo I), sendo os desvios normalmente mais acentuados em pequenos ribeiros do que em cursos d’água largos;
- o modelo digital de elevação *SRTM* reproduz o relevo do fundo dos vales com diferentes níveis de exatidão, sendo inevitavelmente “queimados” os pormenores dos talvegues nas zonas do terreno com maiores variações de inclinação das ombreiras;
- o modelo digital de elevação *SRTM* compreende no relevo reproduzido a vegetação, sendo que esta se revela particularmente relevante face ao terreno propriamente dito quando perante cursos d’água mais estreitos e vales mais encaixados, nos quais se

perde, assim, rigor na definição do fundo do vale e se acaba com inevitáveis desvios face à real posição do talvegue;

- uma componente relevante dos desvios entre os talvegues provenientes de diferentes sistemas tem a ver com diferenças (erros) entre o geoposicionamento de cada ponto da zona em observação dado pelo modelo digital de elevação (*SRTM*) e o geoposicionamento associado às *shapes* consideradas para os talvegues digitalizados, os quais podem levar a desfasamentos consideráveis entre as posições dos talvegues de cada origem, por exemplo, em presença de curvas acentuadas.

30. Face ao exposto, considera-se que se deve admitir uma margem de correção ao se proceder ao cruzamento de dados obtidos a partir de sistemas georeferenciados distintos (talvegue digitalizado, imagem satélite e *SRTM*). Essa margem de correção deve permitir cobrir, com uma determinada probabilidade de não excedência, o erro associado à posição dum determinado ponto do terreno. Por ser de cariz probabilístico, a fixação da margem de correção deve ser objeto de reflexão e ponderação adequadas, sendo que no contexto da precaução espelhado na legislação de segurança de barragens, se recomenda uma postura conservadora.

31. Não obstante, procede-se na seção 3. a uma análise complementar à presente classificação em que se verifica o efeito da correção planimétrica da definição da zona de observação de ocorrências (que se designa neste trabalho de *buffer*) no sentido de se perceber a amplitude do seu impacto nos resultados obtidos.

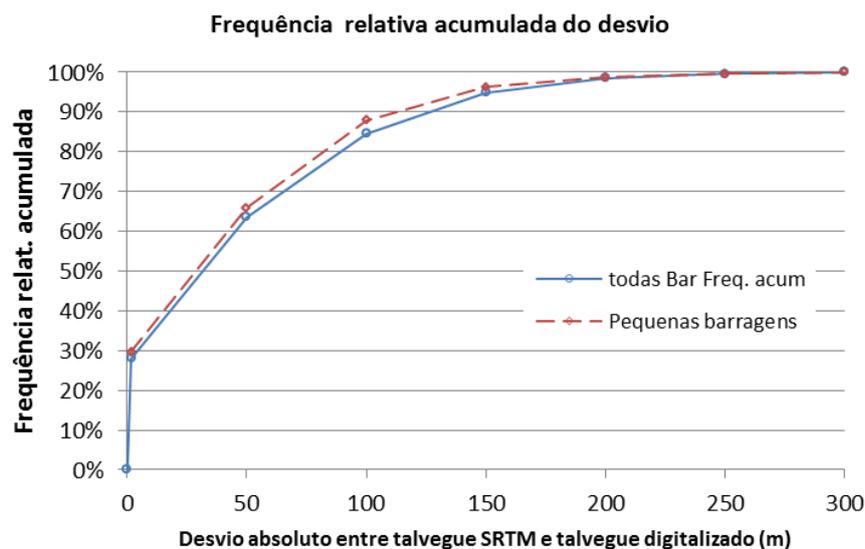


Figura 6 – Distribuição de probabilidade acumulada de não excedência do desvio entre os talvegues digitalizados e os do SRTM, considerando todas as barragens (traço contínuo) ou apenas as pequenas barragens (traço interrompido)

3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS CORREÇÕES DA ZONA DE OBSERVAÇÃO DE OCORRÊNCIAS

32. Tendo presente o que se refere em 2, a qualidade maior ou menor dos dados topográficos do modelo digital de terreno (*MDT*) e das imagens satélite georeferenciadas leva à necessidade de introdução de fatores de correção para lidar com os próprios erros do *MDT*, bem como para fazer face às incertezas na sobreposição do contorno definidor da zona de observação marcado a partir do *MDT* com a imagem de satélite georeferenciada, que é usada na identificação de ocorrências com relevo para a classificação do *DPA*.

33. De acordo com o apresentado no relatório de classificação as barragens fiscalizadas pela *ANA*, a identificação de ocorrências foi feita com base num método simplificado, em que se recorreu à base *SRTM* para *MDT* e se obteve o contorno da zona de observação, o qual foi colocado sobre imagens de satélite do *Imagery* ou *BingMaps* no sistema *ArcMaP* ou sobre imagens satélite do *Google Earth*, conforme os casos em que as imagens apresentavam melhor qualidade.

34. Os fatores de correção considerados consistiram basicamente em dois fatores de correção: uma sobrelevação de 3 m dos níveis máximos da onda de ruptura obtidos pelo cálculo hidráulico, para fazer face aos erros altimétricos, e um *buffer* de ± 250 m para cada lado do talvegue digitalizado, para fazer face aos desvios planimétricos.

35. Procedendo a uma análise dos resultados obtidos verifica-se que a correção altimétrica de 3 m:

- sendo uma correção imposta através de um incremento dos níveis de água máximos, o seu efeito tem em conta a orografia representada pelo *MDT*, ou seja, tem um padrão análogo ao da área de inundação resultante do cálculo hidráulico simplificado, respeitando as características do vale principal e seus afluentes;
- tem um efeito relativamente limitado no contorno da zona de observação de ocorrências, sendo que permite cobrir incertezas da definição do relevo topográfico e do próprio cálculo hidráulico, que é feito de modo também simplificado;
- produz efeitos diferentes consoante se tratem de:
 - *barragens grandes* - verifica-se que o efeito é pouco significativo e não tem, em termos práticos, influência na classificação *DPA* (Figura 7),

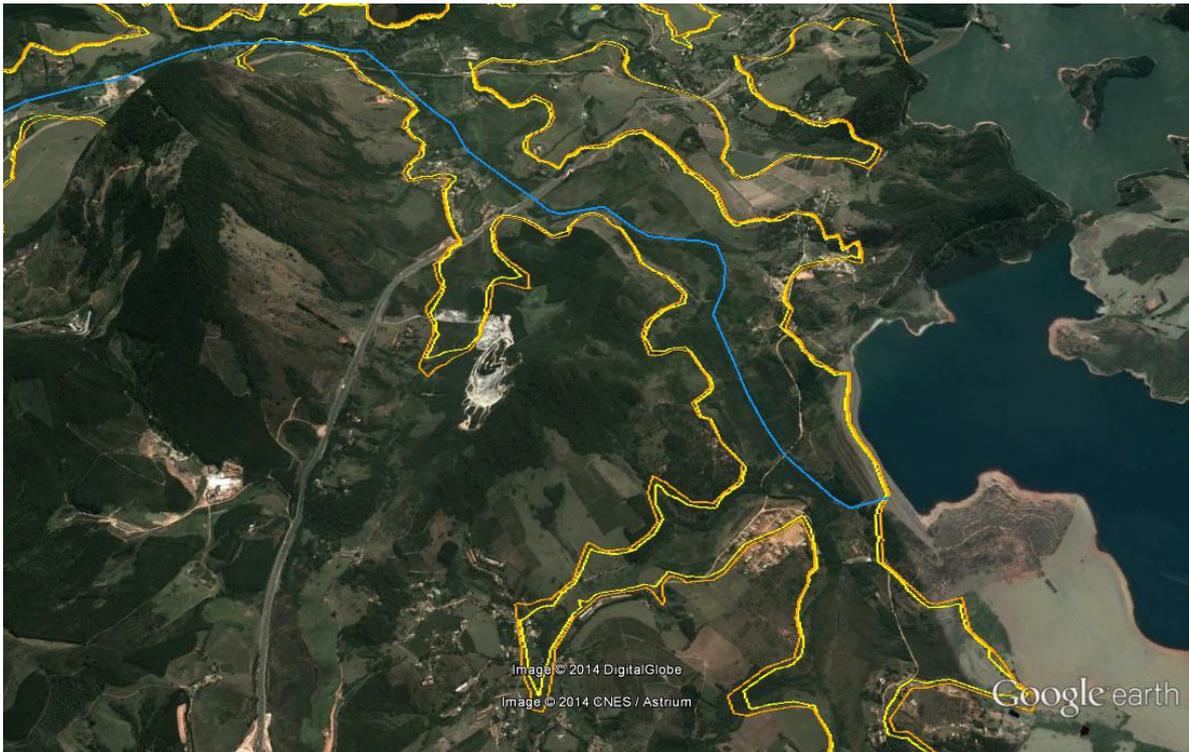


Figura 7 – Representação da área potencialmente comprometida na zona próxima da barragem Jacaréi (Código ANA – 90). Linha amarela – resultado do cálculo hidráulico. Linha laranja – correção altimétrica de 3m.

- *barragens pequenas* com um vale a jusante muito plano – verifica-se que conduz a um aumento relativamente expressivo da zona de observação de ocorrências, como se pode constatar ser o caso com a barragem Duas Américas (Código ANA – 103, Figura 8);

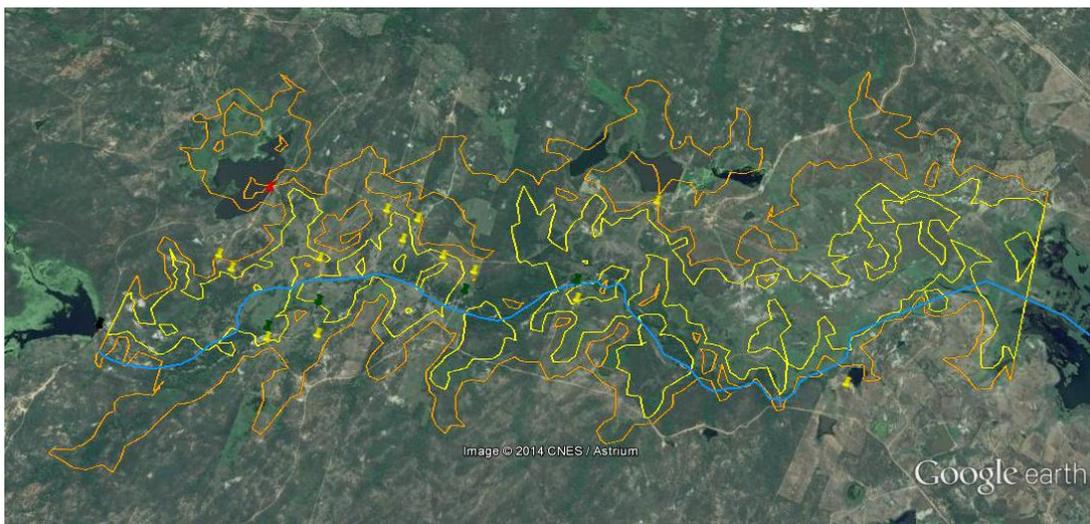


Figura 8 – Barragem Duas Americas (Código ANA – 103) – efeito da correção altimétrica de 3 m no caso de um vale com pouco relevo e para uma baragem pequena.

36. Quanto à correção planimétrica, com imposição de um *buffer* de ± 250 m para cada lado do talvegue digitalizado, verifica-se que:

- no caso de *barragens grandes* - não tem, na generalidade dos casos, influência na definição da zona de observação, sendo que a largura de cálculo da onda de ruptura ao longo do vale é, em geral, da ordem dos 500m impostos pelo *buffer*, ou superior (Figura 9).

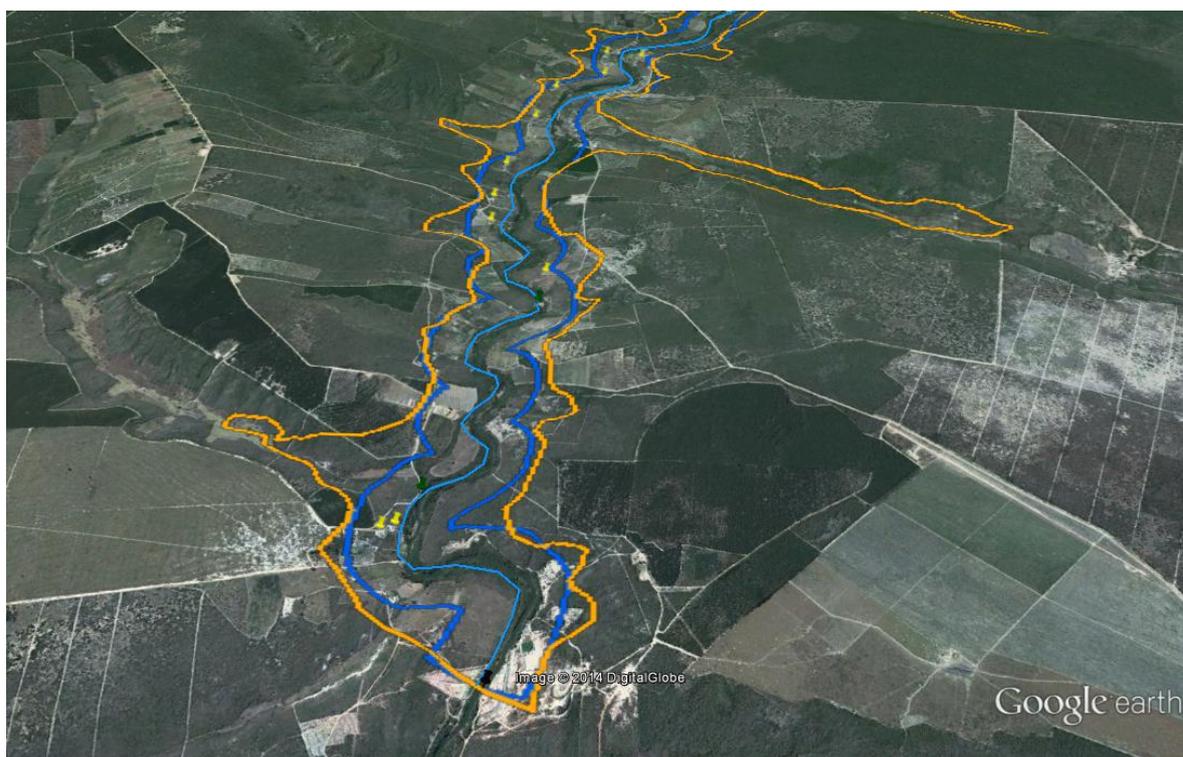


Figura 9 – Barragem Berizal (Código ANA – 6) – Efeito da correção planimétrica de ± 250 m praticamente nulo face à zona definida pela onda de cheia calculada.

- na maioria das *barragens pequenas* - revela-se bastante influente, sendo a zona de observação totalmente ou quase totalmente determinada com base no *buffer*, muito em particular nas barragens em relação às quais o curso de água é pouco expressivo, se encontra seco, e portanto, envolve uma grande incerteza relativamente às posições dos talvegues digitalizados, dados pelo MDT e os observados na imagem de satélite;
- Sendo esta correção de cariz exclusivamente geométrico, introduz inevitavelmente situações que são absurdas, do ponto de vista hidráulico e topográfico, posto que a zona de observação por ela ditada não está compatibilizada com o relevo do vale, que é desconsiderado dentro do contorno do *buffer*.

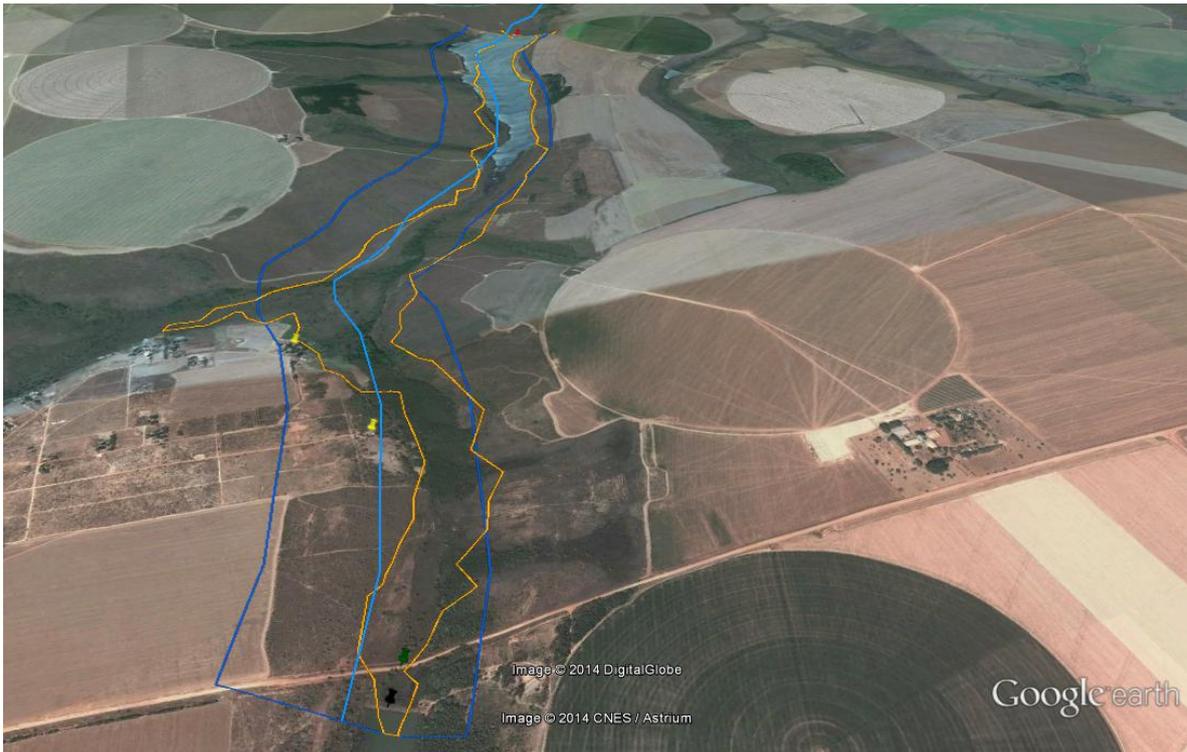


Figura 10 – Barragem na Área "A" Módulo 12 (Código ANA – 80) – Efeito da correção planimétrica de ± 250 m determina quase exclusivamente a zona potencialmente comprometida face à onda de cheia calculada.

37. Perante as constatações acima apresentadas, e o impacto que se constata que as correções devido a incertezas dos dados produzem na classificação das barragens, em particular o efeito da correção planimétrica nas barragens mais pequenas, entendeu-se ser conveniente proceder a uma análise do efeito da magnitude desta correção na classificação do *DPA*.

38. Dado que o critério para fixação do *buffer* de ± 250 m foi estabelecido com o princípio de maximização da segurança face à incerteza (§ 27 e Figura 6), considerando uma probabilidade de não excedência de praticamente 100%, procedeu-se à redefinição da zona de observação de ocorrências para as barragens pequenas para as quais a zona de inundação do vale principal¹ resulta essencialmente da aplicação da correção planimétrica com o *buffer* de ± 250 m, sendo os resultados do cálculo hidráulico total ou praticamente irrelevantes.

39. Na redefinição da zona de observação de ocorrências para as barragens selecionadas considerou-se um grau de exigência quanto à probabilidade de não excedência do desvio dos talvegues de 85%, que sendo ainda bastante elevada, conduz a um *buffer* de apenas ± 100 m,

¹ No critério de seleção das barragens a reanalisar ignorou-se o efeito da propagação da onda de ruptura para montante nas confluências com os rios afluentes, posto que a correção planimétrica com o *buffer* foi definida para corrigir incertezas quanto à posição do talvegue do rio principal.

ou seja, 40% da largura considerada na classificação das barragens fiscalizadas pela ANA de acordo com o apresentado no relatório do Produto 6.

40. Apresenta-se no

41. Quadro 1 a identificação das 18 pequenas barragens cujas características da zona de observação de ocorrências possui as características descritas no § 38. No quadro referido distinguem-se entre estas 18 pequenas barragens:

- onze barragens que foram objeto de reanálise considerando o *buffer* de ± 100 m
- sete barragens para as quais não se considerou ter sentido proceder à reanálise do *DPA* com *buffer* ± 100 m, posto que:
 - em quatro casos a classificação *DPA* resulta da ruptura em cascata de barragem(s) a jusante, sendo pois a sua classe de dano potencial condicionada pela(s) classe(s) da(s) barragem(s) a jusante;
 - em três casos a classificação resulta da má qualidade da imagem satélite, o que impede a análise da ocupação da zona de observação de ocorrências e, portanto, uma classificação com base em observação objetiva da ocupação da zona potencialmente comprometida.

Quadro 1 – Pequenas barragens com zona de observação de ocorrências muito condicionada pelo *buffer* de ± 250 m (conforme definido no § 38)

Código ANA	Nome Barragem	# casas isoladas + localidades <i>buffer</i> 250m	classif qualit <i>Buffer</i> 250m	classif qualit modificada <i>buffer</i> 250m	Análise cascata? isolada? Má imagem?	# casas isoladas + localidades <i>buffer</i> 100m	classif qualit <i>Buffer</i> 100m	classif qualit modificada <i>buffer</i> 100m	Notas
94	Fazenda São Pedro	2	20	Alto	ISOLADA	2	20	Alto	Talvegue digitalizado sobre a foto aérea. Para o <i>buffer</i> de 250m e <i>buffer</i> de 100m sobre o novo talvegue passa a 2 casas isoladas, 4 caminhos locais
98	Acude Jatobá de Baixo	2	20	Alto	ISOLADA	2	20	Alto	<u>Não se justifica refazer o <i>buffer</i>, as duas casas observadas ocorrem dentro da área de inundação com correção vertical (v3m), não estando associadas ao <i>buffer</i>.</u>
72	Serra Negra	57	24	Severo	ISOLADA	4	20	Alto	<u>Para o <i>buffer</i> de 100m apenas duas casas do aglomerado da Serra Negra do Norte se mantêm. Assim, tem-se 4 casas isoladas (duas pertencentes ao aglomerado), 1 acude, 1 barragem, 1 rodovia.</u>
105	Lagamar	3	20	Alto	ISOLADA	2	20	Alto	A área de inundação com correção vertical (v3m) prevalece ao <i>buffer</i> de 100m. Assim tem-se: 2 casas (3 anteriormente), 3 travessias locais, 1 barragem, 1 açude.
82	Barragem na propriedade Fazenda São Luiz	11	20	Severo	ISOLADA	3	20	Alto	Talvegue digitalizado sobre a foto aérea em análise anterior. Assim tem-se 3 casas isoladas e 1 travessia local.
103	Duas Americas	13	20	Severo	ISOLADA	12	20	Severo	Talvegue digitalizado sobre a foto aérea. Não se verificam alterações no número de ocorrências para área de inundação contendo o novo <i>buffer</i> de 250m. Para o <i>buffer</i> de 100m passa a 12 casas (13 anteriormente), 4 travessias, 1 barragem.
117	Barragem de Dadá	20	24	Severo	ISOLADA	10	24	Severo	<u>Passam a ocorrer 10 casas isoladas (20 anteriormente), 1 algerado, 2 açudes (3 anteriormente), 2 indústrias (3 anteriormente) e 1 estrada.</u>
131	Bocaina	26	20	Severo	ISOLADA	20	20	Severo	Talvegue digitalizado sobre a foto aérea em análise anterior. Assim tem-se 20 casas isoladas (26 anteriormente), 3 indústrias e 3 vias.
89	Em processo de identificação 3 - Planaltina	27	22	Severo	ISOLADA	18	22	Severo	Para o <i>buffer</i> de 100m obtiveram-se 18 casas isoladas (27 anteriormente) e 2 travessias locais.
121	Barragem de José Libano	79	24	Severo	ISOLADA	68	24	Severo	Para o <i>buffer</i> de 100m obtiveram-se 68 casas isoladas (79 anteriormente), 1 aglomerado dispersos, 1 barragem e 1 travessia local.
80	Barragem na Área "A" Módulo 12 PAD-DF (Fazenda São Francisco)	2	22	Alto	ISOLADA	0	10	Baixo	Talvegue digitalizado sobre a foto aérea. Vegetação densa. Para o novo <i>buffer</i> de 250m sobre o novo talvegue mantêm-se 2 casas isoladas, 1 barragem, 1 estrada. Para o <i>buffer</i> de 100m fica apenas 1 barragem, 1 estrada.
81	Barragem na propriedade Módulo "A" - lote 3 (Fazenda São Jacó)	0	16	Alto	CASCATA - NÃO MUDA				Não reanalisada
83	Barragem no Ribeirão Samambaia	0	16	Alto	CASCATA - NÃO MUDA				Não reanalisada
119	Caieira	14	24	Severo	CASCATA - NÃO MUDA				Não reanalisada
111	Timbaúba	11	24	Severo	CASCATA - NÃO MUDA				Não reanalisada
60	Barragem 1 no Córrego Santa Luzia	1	24	Severo	MÁ IMAGEM				Não reanalisada
63	Barragem no Afluente do Córrego Santa Luzia	3	24	Severo	MÁ IMAGEM				Não reanalisada
61	Barragem 2 no Córrego Santa Luzia	4	24	Severo	MÁ IMAGEM				Não reanalisada

42. Tomando como base de análise o critério *CNRH* modificado², uma reanálise das 53 pequenas barragens com o objetivo de se analisar a sensibilidade do *DPA* à correção planimétrica, considerando um critério menos exigente para a fixação do *buffer* (± 100 m), destaca-se o seguinte:

- das 53 pequenas barragens classificadas com *DPA Alto* (12 barragens) ou *Severo* (41 barragens) considerando o *buffer* de ± 250 m (vide Figura 61 do relatório do Produto 6), constata-se que apenas onze pequenas barragens apresentam potencial para, face a uma redução do *buffer* para um valor menos exigente (± 100 m), poder conduzir a uma classificação *DPA* menos gravosa;
- Assim constata-se que, de entre estas onze barragens:
 - em duas barragens o *DPA Severo* vê-se reduzido para *Alto* - Barragem Serra Negra, código ANA – 72; e Barragem na propriedade Fazenda São Luiz – Código 82:
 - em apenas uma barragem o *DPA Alto* se vê reduzido para *Baixo* – Barragem a Área “A” Módulo 12 (Fazenda São Francisco) – Código ANA 80.
 - nas restantes oito barragens, apesar de não se verificar haver mudança de classificação do *DPA* com a redução do *buffer* para ± 100 m, o número de casas identificadas na zona de observação de ocorrências vê-se reduzida de forma mais ou menos expressiva.

43. Em relação à análise limite da sensibilidade da classificação *DPA* ao efeito das correções altimétrica e planimétrica, procedeu-se à reclassificação das pequenas barragens eliminando de todo as correções (Quadro 2). Constatou-se que, nas barragens com boa qualidade de imagem e sem influência do efeito de cascata, em apenas quatro se regista uma mudança de classificação, sendo que: uma barragem passaria a ter classificação *DPA Médio* - Açude Jatobá de Baixo – Código ANA – 98; e três passariam a ter *DPA Baixo* - Barragem a Área “A” Módulo 12 (Fazenda São Francisco) – Código ANA 80; Barragem Fazenda São Pedro - Código ANA 94; Barragem Lagamar - Código ANA 105.

Quadro 2 – Pequenas barragens com zona de observação de ocorrências muito condicionada pelo *buffer* de ± 250 m

Código ANA	Com correções altim(3m)/Plan(250)		Sem qualquer correção altimétrica nem planimétrica	
	Classificação/Valor	Coeficiente	Classificação/Valor	Coeficiente
80	Alto	22	Baixo	10
94	Alto	16	Baixo	8
105	Alto	20	Baixo	8
98	Alto	20	Médio	12

² Segundo este sistema modificado, a classificação do *DPA* é *Severa* se se identificarem mais de 10 casas, *Alta* se se identificarem até 10 casas, *Média* se *DPA* quantitativo estiver compreendido entre 11 e 15, e *Baixo* se compreendido entre 4 e 10.

44. Há três barragens que poderiam eventualmente ver a sua classificação revista para *DPA Baixo* caso a qualidade de imagem fosse boa em toda a extensão comprometida (Códigos ANA - 60, 61 e 63) e há uma barragem que veria a sua classificação revista para *DPA Baixo* não fora o efeito da ruptura em cascata (Código ANA - 119).

45. Apesar dos efeitos perfeitamente marginais que se constata que a eliminação das correções altimétrica e planimétrica teria na classificação *DPA*, interessa reforçar a convicção de que, sempre que se tenham por base dados *SRTM* para modelo digital de terreno e se proceda à observação da ocupação área potencialmente comprometida com base em imagens satélite, qualquer abordagem sem consideração de correções do tipo preconizado não são de todo recomendáveis.

4 CONCLUSÕES

46. A qualidade dos dados topográficos de ocupação do vale a jusante de barragens condiciona a qualidade dos resultados, designadamente pela necessidade de se corrigirem os resultados dos cálculos dos níveis máximos atingidos pela onda de ruptura, por forma a assegurar que as incertezas são devidamente cobertas, isto para que a classificação seja feita sempre do lado da segurança.

47. Não obstante o acima referido, por forma a se perceber qual o impacto que tais correções têm na classificação do *DPA*, procedeu-se a uma análise de sensibilidade em que, no caso das pequenas barragens, que são aquelas em que as correções das incertezas topográficas acabam por ter um peso relativo maior, procedeu-se a uma análise de sensibilidade destas correções sobre a classificação *DPA*, com ênfase para a correção planimétrica.

48. Constata-se que as correções têm um efeito marginal na classificação das pequenas barragens, designadamente quando comparado com o efeito de outros fatores tais como, a qualidade da imagem satélite, o desconhecimento do tipo de ocupação efetiva das edificações identificadas nessas imagens e as consequências das rupturas em cascata, com a classe das barragens a jusante a ter um impacto penalizador na classificação das barragens a montante.

49. Em face destas conclusões reforça-se aquilo que já se recomendou nas conclusões do relatório do Produto 6, referente à classificação das barragens fiscalizadas pela ANA, ou seja,

“652. A classificação das barragens incluída neste produto apresenta incertezas, que deverão ser esclarecidas logo que possível, associadas à falta de informação generalizada sobre alguns descritores importantes. Referem-se a este respeito as incertezas relativas ao uso efetivo das edificações na zona de observação de ocorrências, à diferença de cotas entre o terreno na zona das edificações e a linha de água na sua proximidade, o tipo de fundação, a vazão de projeto, a existência de documentação de projeto e a estrutura organizacional. Recomenda-se, assim, que sejam executados esforços para a obtenção da informação em falta ou não confiável, seja dado um prazo para a recolha desta informação e, após isso, seja realizada uma reclassificação das barragens.”

653. *A referida reclassificação possibilitará uma avaliação mais realista do parque de barragens reguladas pela ANA e uma verificação da adequabilidade de alguns dos descritores propostos e das respectivas pontuações.*”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becek, K. e Khairunnisa, I. (2011). “On the Positional Accuracy of the GoogleEarth®”. Imagery Kazimierz TS05I - Spatial Information Processing Paper no. 4947, FIG Working Week 2011, May.
- Rodriguez, E.; Morris, C.S.; Belz, J.E. (2006) – “A Global Assessment of the SRTM Performance”. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 72, No. 3, March 2006, pp. 249–260, March.

ANEXO I

SÍNTESE DA ORIGEM DE DADOS CONSIDERADOS

Quadro A.I.1 – Síntese da origem dos dados para cada barragem da classificação do Dano Potencial Associado

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
3	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	ArcGIS	BASE_IBGE	ArcGIS
4	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
5	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
6	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
7	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
17	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
18	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
19	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
20	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
21	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
22	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
23	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
24	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
25	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
26	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
27	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
28	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
29	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
30	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
31	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
32	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
33	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
34	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
35	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
36	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
37	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
38	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
39	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
40	CM 250.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
41	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
42	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
43	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
44	CM 250.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
45	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
46	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
47	CM 250.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
48	CM 250.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
49	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
51	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
52	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Ficha ACTEC	BASE_IBGE	Ficha ACTEC
53	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
54	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
55	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
56	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	ArcGIS	BASE_IBGE	ArcGIS
58	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
60	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
61	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
63	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
64	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"		BASE_IBGE	
67	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
68	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
69	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
70	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
71	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
72	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
74	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	ArcGIS	BASE_IBGE	ArcGIS
75	Google Earth	Fichas_GEFIS-vitorias	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
76	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
77	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
78	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
79	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
80	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
81	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
82	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
83	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
84	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
85	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
86	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
87	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
88	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
89	CM 100.000	Fichas_GEFIS-vitorias	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
90	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
91	CM 100.000	Fichas_GEFIS-vitorias	IBGE	BASE_IBGE	IBGE
92	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	IBGE
94	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
95	CM 100.000	Fichas_GEFIS-vitorias	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
96	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
97	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
98	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
99	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
100	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
101	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"		BASE_IBGE	
102	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
103	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
104	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
105	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
106	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
107	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
108	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
109	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
110	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
111	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	ArcGIS	BASE_IBGE	ArcGIS
112	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
113	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
114	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
115	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
116	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
117	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
118	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
119	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
120	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
121	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
122	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
123	ArcMap	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
124	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
125	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
126	Google Earth	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
127	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
128	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
129	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
130	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

Código ANA	Base cartográfica do talvegue	Volume do reservatório	Potencial de Perda de Vidas Humanas	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
131	Google Earth	"RELATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL PARA OBTENÇÃO DE LICEN.pdf"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth
132	CM 100.000	"Base_ANA_25-04-2013.shp"; "atributo "11__Capaci"	Google Earth	BASE_IBGE	Google Earth

ANEXO II

**DESVIOS OBSERVADOS ENTRE OS TALVEGUES DIGITALIZADOS E OS
TALVEGUES DADOS PELO MODELO DIGITAL DE TERRENO *SRTM***

Quadro A.II.1 - Desvios observados entre os talwegues digitalizados e os talwegues dados pelo modelo digital de terreno SRTM

Dimensão barragem	Seção \ Cód. ANA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
Pequena	24	100	100	100	150	0	100	150	150	50	150	100	0	150	100	50	0	0	0	150	50	100
Pequena	29	50	250	0	0	150	100	50	100	0	50	50	50	0	150	50	150	150	50	0	200	100
Pequena	30	100	0	50	50	0	50	50	50	0	0	100	50	100	50	0	0	100	0	50	100	150
Pequena	31	250	100	50	150	100	150	0	50	50	50	100	50	100	250	0	200	100	100	150	200	250
Pequena	41	50	50	150	100	50	100	50	50	150	50	50	150	100	150	50	150	150	50	50	0	100
Pequena	54	50	100	100	0	0	100	100	100	50	100	0	50	100	50	100	150	0	50	50	50	100
Pequena	60	50	50	150	100	50	100	0	0	50	0	0	50	100	100	200	100	100	100	0	50	0
Pequena	61	50	100	0	50	150	100	150	50	0	0	50	0	0	50	150	100	200	0	150	50	50
Pequena	63	100	0	100	50	100	50	100	150	50	50	50	0	0	50	100	150	0	50	100	150	50
Pequena	64	50	200	50	150	50	150	100	0	50	0	50	50	50	0	100	0	100	0	0	50	50
Pequena	70	50	50	0	0	50	50	100	100	0	100	0	0	50	150	150	100	100	200	200	100	0
Pequena	72	100	100	0	150	100	50	50	0	0	150	50	0	150	50	100	50	50	150	50	150	150
Pequena	75	100	50	0	0	50	100	50	0	0	0	100	100	50	50	50	100	0	100	100	50	0
Pequena	76	0	100	0	100	100	200	50	50	50	100	100	0	150	100	100	50	50	150	0	0	50
Pequena	78	200	0	50	150	0	50	50	0	50	100	0	50	0	100	50	0	0	150	100	150	50
Pequena	79	100	50	150	100	0	50	100	0	100	0	50	0	50	50	50	0	0	50	100	50	0
Pequena	80	50	50	50	0	100	100	50	50	100	100	50	0	50	50	50	50	50	150	50	0	50
Pequena	81	0	0	0	0	0	100	50	100	50	50	0	50	0	50	0	100	50	0	100	50	0
Pequena	82	50	0	200	100	150	100	0	50	200	50	0	50	100	50	50	50	50	0	0	0	50
Pequena	83	50	50	50	0	50	50	0	0	50	0	50	50	50	50	50	0	50	50	0	0	50
Pequena	89	50	100	0	50	50	50	0	0	0	50	0	100	100	50	0	50	0	0	100	50	100
Pequena	91	100	300	0	150	100	50	150	100	0	150	50	0	100	150	250	50	100	50	0	50	0
Pequena	94	100	100	50	0	0	0	0	50	0	150	150	50	0	50	100	150	100	50	50	50	50
Pequena	95	0	50	150	100	50	0	0	0	0	50	100	50	50	50	100	100	0	50	0	50	0
Pequena	96	100	50	50	0	50	150	100	150	0	0	100	50	100	50	50	100	150	100	100	100	0

Dimensão barragem	Seção \ Cód. ANA																					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
Pequena	98	50	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	50	0	0	0
Pequena	99	50	100	50	50	50	0	0	0	50	50	0	50	0	50	0	0	50	0	0	50	50
Pequena	100	100	50	0	50	50	0	150	50	100	50	150	0	50	0	50	0	50	100	150	100	50
Pequena	102	50	100	100	150	0	50	50	0	0	50	100	100	50	100	100	150	100	100	200	0	100
Pequena	103	150	150	100	50	50	50	50	150	50	150	0	100	100	150	50	50	50	150	100	50	50
Pequena	104	50	0	50	50	50	0	50	0	0	0	0	50	50	50	100	0	100	50	100	100	50
Pequena	105	50	0	50	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	150	150
Pequena	106	0	0	0	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0	50	0	100	50	200	100	0	100
Pequena	108	0	0	50	0	0	100	100	100	0	100	50	100	150	100	100	50	50	100	50	0	50
Pequena	109	50	50	0	0	50	50	100	150	100	50	50	200	50	150	150	50	50	0	50	50	0
Pequena	111	50	100	100	200	0	50	50	0	0	0	100	100	50	0	50	0	50	50	0	50	50
Pequena	113	50	0	0	0	50	50	50	50	0	0	100	250	100	100	150	50	100	50	50	50	50
Pequena	115	0	50	100	50	100	50	50	0	200	100	50	0	100	0	50	0	50	100	50	100	50
Pequena	116	100	200	200	150	100	50	100	50	50	50	50	50	200	100	50	0	100	0	50	50	100
Pequena	117	50	100	50	0	250	50	0	200	50	50	0	50	50	100	100	0	0	0	150	100	100
Pequena	118	0	0	50	0	0	50	0	0	100	0	50	0	0	50	0	50	100	0	50	50	50
Pequena	119	0	0	50	50	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	50	50	0
Pequena	120	150	100	0	0	200	50	100	100	100	100	50	100	100	50	200	50	0	0	0	50	50
Pequena	121	0	0	50	0	0	0	150	50	100	50	100	50	50	50	0	0	100	150	100	50	150
Pequena	122	100	50	50	50	0	0	50	0	50	50	100	50	100	0	50	0	50	50	50	0	100
Pequena	123	100	100	50	0	0	100	100	100	50	0	0	100	50	100	50	100	50	150	50	50	0
Pequena	124	0	150	0	150	0	50	100	0	0	100	50	0	100	50	100	50	100	50	100	0	100
Pequena	125	200	50	150	50	0	0	300	50	100	100	250	100	250	150	50	100	50	50	100	50	150
Pequena	126	0	100	100	150	50	300	150	0	100	100	50	0	50	0	50	0	0	50	0	0	0
Pequena	127	50	50	0	0	100	50	50	100	100	50	0	0	200	50	50	100	100	100	100	100	100
Pequena	130	50	200	100	0	50	100	0	300	0	0	0	150	50	100	150	0	50	250	50	100	0
Pequena	131	0	100	100	0	100	50	50	150	50	100	100	50	50	150	150	0	0	150	50	50	100

Dimensão barragem	Seção \ Cód. ANA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
		-	4	0	0	150	200	0	0	50	50	0	150	200	100	50	150	150	200	50	50	100
-	5	50	200	50	150	200	200	50	100	150	100	50	50	50	50	0	0	0	0	100	100	0
-	6	50	100	50	0	0	100	0	0	150	50	50	200	100	200	150	100	50	0	150	150	0
-	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-	14	0	50	150	150	0	100	200	0	50	0	100	0	50	50	50	0	50	50	100	50	50
-	15	100	0	0	50	150	0	0	100	250	50	100	100	50	100	0	50	50	50	50	250	200
-	16	150	0	100	50	100	150	0	200	100	100	150	100	50	100	150	50	50	50	0	0	0
-	17	0	0	50	50	100	100	0	0	300	150	50	0	0	50	50	0	50	100	50	150	0
-	18	50	100	0	50	0	200	100	150	100	0	100	50	50	50	50	50	50	100	50	50	150
-	19	0	150	50	150	50	0	100	0	50	50	50	150	50	100	150	50	100	100	150	150	0
-	20	150	0	150	150	150	50	0	0	0	0	50	50	100	0	0	0	50	50	100	50	150
-	21	100	200	50	50	50	50	0	100	100	100	0	50	50	0	50	50	150	150	150	50	50
-	22	50	50	50	50	100	0	100	0	50	100	0	50	50	0	50	150	50	0	0	0	0
-	23	50	0	50	100	150	100	50	50	100	150	100	100	50	0	0	50	0	150	50	100	100
-	25	50	50	0	50	50	150	50	50	50	50	0	100	50	50	50	0	50	50	50	50	50
-	26	100	100	100	200	150	0	150	150	100	50	150	50	50	0	150	150	150	150	0	0	50
-	27	100	50	200	100	0	150	0	100	100	150	100	150	50	250	100	50	100	50	100	0	300
-	28	0	100	200	50	50	150	150	50	100	100	100	0	50	50	50	0	0	100	50	50	100
-	32	50	50	0	0	100	50	0	0	0	0	50	50	100	50	0	150	150	150	0	100	100
-	33	150	50	150	50	0	0	100	50	50	0	200	50	50	50	50	150	100	200	150	50	150
-	34	50	50	0	0	0	100	150	100	0	50	100	100	50	50	50	0	50	0	100	50	150
-	35	0	50	0	0	0	50	0	50	200	100	150	0	150	50	50	0	50	50	50	100	50
-	36	0	0	50	0	50	100	50	0	150	200	150	100	0	150	50	150	50	100	100	50	50
-	37	0	0	0	150	0	150	150	0	150	0	0	0	0	0	0	150	0	150	0	0	0
-	38	50	50	50	50	50	50	200	50	100	200	150	0	50	50	0	0	0	100	100	50	0
-	39	50	0	50	50	0	200	50	50	100	100	50	200	0	50	100	50	50	150	100	50	50
-	40	150	0	0	200	150	100	150	100	100	200	50	150	100	50	150	100	200	50	100	100	100

Dimensão barragem	Seção \ Cód. ANA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
		-	42	0	100	0	50	100	100	0	100	50	50	100	100	150	100	0	100	100	0	100
-	43	50	200	0	150	0	0	0	100	50	50	50	0	100	100	50	0	50	50	150	50	50
-	44	100	50	50	50	50	100	50	50	0	150	50	100	150	50	150	0	150	50	150	150	100
-	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-	47	50	150	50	0	150	50	0	0	100	50	100	50	50	50	50	100	50	100	200	50	0
-	48	50	100	150	0	150	100	0	50	0	0	0	100	50	0	150	50	50	100	50	100	50
-	49	50	50	100	50	150	50	0	200	150	50	150	0	100	100	0	100	100	100	0	150	50
-	51	50	50	50	0	50	0	150	50	0	200	0	0	50	100	200	100	100	50	100	100	100
-	52	300	50	200	100	150	0	200	200	100	100	50	250	50	0	150	200	250	150	100	0	50
-	53	200	100	150	0	50	50	50	50	0	0	0	100	0	100	0	50	100	100	100	0	50
-	55	50	50	200	50	0	100	50	50	50	50	0	150	0	50	0	50	0	150	100	0	250
-	56	150	50	100	0	0	50	50	0	0	100	100	50	0	50	0	50	100	50	100	300	0
-	58	200	100	150	100	50	200	50	0	100	50	50	100	100	150	150	50	0	50	100	50	50
-	59	0	50	150	150	0	100	150	0	100	100	50	0	0	0	50	0	50	50	0	100	200
-	62	0	50	50	50	200	100	50	0	50	100	150	100	50	250	0	150	50	50	50	50	0
-	65	100	200	50	50	150	50	100	100	50	50	0	0	50	0	50	50	0	50	200	100	0
-	66	50	0	100	50	0	150	150	0	100	150	0	100	100	50	0	0	0	50	0	50	50
-	67	50	0	100	100	0	0	50	50	100	50	50	100	50	50	0	50	100	100	0	0	100
-	68	150	100	100	0	0	50	0	100	50	50	50	50	100	100	50	50	250	50	150	150	100
-	69	0	50	50	150	50	0	150	150	50	100	250	200	150	100	150	50	100	0	100	50	100
-	71	50	250	50	300	250	50	150	300	200	50	150	200	100	100	100	100	50	150	150	250	100
-	73	100	250	200	150	100	100	50	50	50	50	0	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0
-	74	100	50	50	0	50	0	50	50	100	150	200	150	50	0	50	150	50	0	50	0	50
-	77	0	50	50	50	0	50	150	150	50	200	50	50	100	100	100	0	100	100	50	200	50
-	84	50	0	0	0	50	0	50	50	50	50	100	50	50	100	0	0	100	0	100	0	150
-	85	50	0	50	0	0	0	50	50	50	0	50	0	0	50	50	0	0	100	0	50	50
-	86	50	50	100	50	0	50	100	150	0	200	150	100	50	50	100	150	100	50	50	50	0

Dimensão barragem	Seção \ Cód. ANA																					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
-	87	100	100	50	100	50	50	0	0	50	50	100	100	100	0	50	50	50	50	0	0	50
-	88	50	100	200	100	100	150	50	50	50	50	0	0	100	0	0	100	0	50	50	100	50
-	90	50	50	150	250	200	0	100	200	200	0	50	0	50	150	50	100	100	150	200	100	100
-	92	50	50	50	100	100	150	150	50	0	50	50	50	50	50	100	50	0	50	200	100	50
-	97	50	0	50	50	50	50	50	50	100	100	100	0	150	50	0	100	0	100	0	150	50
-	107	50	50	150	100	50	50	50	50	50	50	150	50	0	100	50	250	50	50	50	200	150
-	110	50	0	50	0	0	50	50	0	0	0	100	50	50	50	0	0	50	50	0	50	50
-	112	200	100	100	50	200	200	100	50	100	50	50	0	50	100	150	50	50	0	100	0	50
-	114	50	100	0	0	0	0	50	100	0	100	50	50	0	50	50	50	0	0	0	0	100
-	128	150	150	100	0	50	50	100	0	100	50	0	50	50	100	0	0	50	100	100	0	100
-	129	50	0	250	50	0	150	50	0	100	100	200	100	150	0	100	50	50	100	50	200	50
-	132	150	50	50	50	150	0	50	0	50	50	50	50	50	0	100	50	50	100	0	0	50