

## **Avaliação do nível de água do reservatório de Furnas nos anos de 2013 e 2014, utilizando imagens Landsat-8**

Thais Gabriela Gonçalves<sup>1</sup>  
Daniel Andrade Maciel<sup>1</sup>  
Helena Maria Ramos Alves<sup>2</sup>  
Margarete Marin Lordelo Volpato<sup>3</sup>  
Tatiana Grossi Chquiloff Vieira<sup>3</sup>  
Mayara Fontes Dantas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras – UFLA  
Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG  
thais\_gabriela@hotmail.com; damaciel\_maciel@hotmail.com

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA CAFÉ  
Parque Estação Biológica - PqEB s/n, Brasília, DF, CEP 70770-901  
helena.alves@embrapa.br

<sup>3</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais- EPAMIG  
Campus Universitário, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras, MG  
{margarete, tatiana}@epamig.ufla.br; mayarafdantas@gmail.com

**Abstract.** Located in the middle of the Rio Grande in Minas Gerais state, Furnas hydroelectric occupies an area of 1440 km<sup>2</sup>, with an estimated volume of 17,217 km<sup>3</sup> used to generate 1216 megawatts of power. Around the lake, other economic activities such as agriculture, pisciculture and tourism are also important. A shortage of rainfall in the region in 2014 heavily impacted these activities, causing also a decrease in the reservoir's power generation capacity. The aim of this study was to assess the reduction of the volume of water in the reservoir using remote sensing and GIS. Landsat 8 26/04/2013 and 19/08/2014 satellite images were compared. The images were processed by eCognition Developer and Arcgis 10.2. It was observed that, in the 2013 image, the reservoir area was at 1134 km<sup>2</sup> of water and 71.51% of its capacity. In the 2014 image, the area decreased to 807,42km<sup>2</sup> and 27.55% capacity. This difference showed a reduction of 7,082km<sup>3</sup> in volume in 16 months. These results show the applicability of satellite imagery and GIS to estimate reservoir areas over time, assisting various sectors in decision making processes and helping to mitigate the consequences of droughts.

Palavras chave: drought, remote sensing, GIS, seca, sensoriamento remoto, SIG

### **1. Introdução**

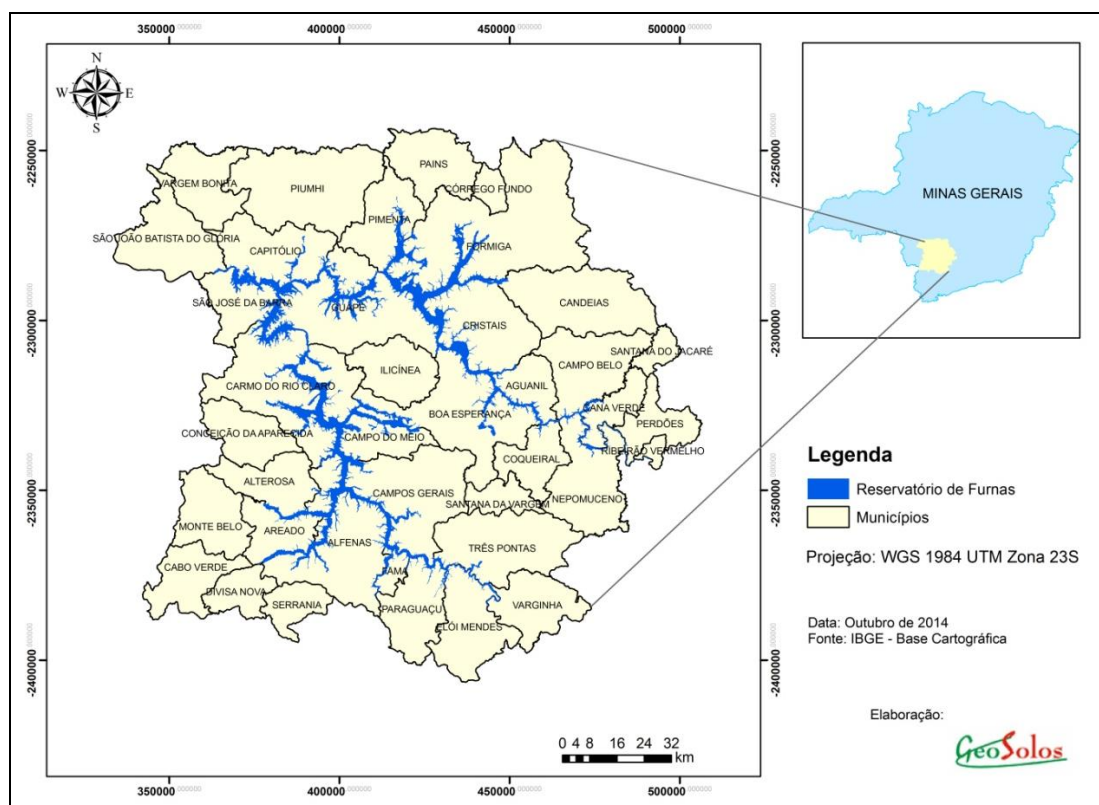
Nas últimas quatro décadas a superfície terrestre tem sido monitorada por sensores orbitais em diferentes escalas, possibilitando a obtenção de informações acerca dos recursos naturais renováveis e não renováveis. A análise temporal é fundamental para acompanhar ou detectar a evolução ou mudanças que ocorrem na Terra, principalmente para alvos mais dinâmicos, como as culturas agrícolas, os desmatamentos e desastres ambientais, todos com forte impacto ambiental (MENESES & ALMEIDA, 2012). A água, recurso natural indispensável para a natureza e para atividades antrópicas, também possui um ciclo muito dinâmico, que precisa ser monitorado no tempo e espaço. A utilização de produtos de sensoriamento remoto e outras geotecnologias para auxiliar no monitoramento das águas superficiais de usos múltiplos, desperta grande interesse na sociedade como um todo, uma vez que possibilita a avaliação e monitoramento da quantidade e qualidade desse recurso (NOVO, 2005).

Os reservatórios de água, como o de Furnas, são barreiras artificiais construídas com o objetivo de armazenar água em grande quantidade a fim de gerar energia elétrica. No Brasil a principal fonte de energia elétrica gerada e consumida pela população é proveniente de usinas hidrelétricas, que realizam todo o processo de produção da energia elétrica utilizando-se de um rio. Assim, a falta de chuvas e a escassez de água afetam o fornecimento de luz, gerando apagões e racionamento entre outras conseqüências.

O objetivo deste trabalho foi quantificar, utilizando imagens Landsat-8, a área alagada e estimar o volume de água que o reservatório deixou de armazenar em 2014, caracterizado por um ano atípico, causado pela falta de chuva na região do reservatório.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo está localizada no curso médio do Rio Grande, como mostra a Figura 1, no trecho denominado "Corredeiras das Furnas", entre os municípios de São José da Barra e São João Batista do Glória, em Minas Gerais. Furnas é o maior reservatório da cascata de usinas hidrelétricas instaladas no Rio Grande. Devido à sua extensão máxima de 220 km, esse reservatório atinge 31 municípios mineiros, desempenhando papel fundamental em diversos segmentos da economia desses municípios (ANA, 2013).

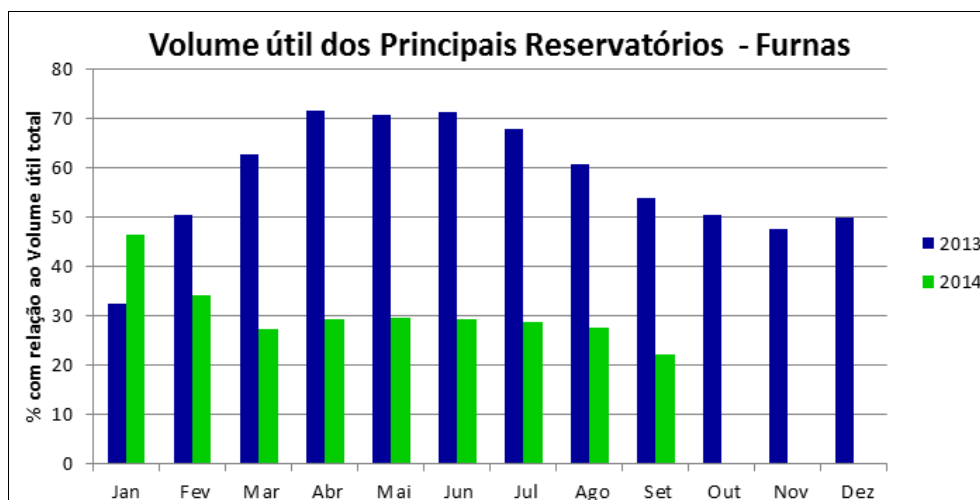


**Figura 1:** Mapa de localização do reservatório de Furnas.

Fonte: Base cartográfica do IBGE

O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira etapa foi caracterizada pela busca de dados secundários e informações na WEB, a fim de diagnosticar a área de estudo através do perfil de chuvas e volume médio mensal armazenado na represa de furnas ao longo dos anos de estudo (2013 e 2014). Na segunda etapa foi realizada a aquisição das imagens e processamento das mesmas.

Para associar as informações de baixa precipitação com a redução do volume armazenado pelo reservatório foi necessário buscar informações na página do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que forneceu dados comparativos quanto ao volume útil armazenado em Furnas entre os anos de 2013 e 2014.



**Figura 2:** Volume útil mensal do Reservatório de Furnas nos anos de 2013 e 2014  
Fonte: [www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)

As informações técnicas acerca do reservatório de Furnas foram obtidas na página online da própria empresa ([www.furnas.com.br](http://www.furnas.com.br)). Os valores de cotas foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas (ANA), através do Boletim de Monitoramento do Reservatório de Furnas. Estes foram utilizados para estimar a redução do volume de água armazenado.

As imagens utilizadas foram Landsat 8 OLI/TIRS, datadas de 26 de abril de 2013 e 19 de agosto de 2014, órbita/ponto: 219/74 e 219/75, disponibilizadas gratuitamente na página online do USGS (U.S. Geological Survey). Cada órbita do Landsat 8 cobre uma faixa no terreno de 170 km x 185 km. As órbitas tomadas no mesmo dia se distanciam entre si de 2.875 km, sendo necessários 16 dias para concluir o recobrimento total do globo.

A escolha das imagens foi influenciada pela qualidade das mesmas, bem como levando em consideração o intervalo de tempo entre elas, de modo que representasse a represa em condições normais e outra agravada pela estiagem.

As imagens foram processadas usando o software eCognition Developer. O primeiro processo executado foi o de segmentação das imagens, seguindo então para os processos de amostragem manual, classificação automática e correção. O produto gerado após correção foi importado para o *software* ArcGIS 10.2 onde foi finalizado. As áreas das duas imagens foram quantificadas individualmente e seus volumes estimados, permitindo, desta forma, a geração dos mapas.

Para estimar o volume útil acumulado assumiu-se a fórmula de um tronco de pirâmide (Equação 1), considerando a altura ( $h$ ) como a diferença de cota entre os níveis do reservatório de cada ano divulgadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) através do Boletim de Monitoramento do Reservatório de Furnas, e as áreas calculadas das imagens após processamento, sendo  $S_b$  a área menor, referente à área de 2014 e  $S_B$  área maior, referente à 2013, como mostrado na Tabela 1.

$$V = \frac{h}{3} (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b) \quad \text{Equação 1}$$

**Tabela 1:** Associação de dados das imagens aos dados do Boletim

Data da Imagem	Dados das imagens processadas	Boletim de Monitoramento	
	Área Calculada (km <sup>2</sup> )	Cota (m)	% do Volume útil
Abril de 2013	1134,13	764,31	71,51
Agosto de 2014	807,42	756,98	27,55

Fonte: arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/Furnas

### 3. Resultados e Discussão

Segundo a ONS, o reservatório de Furnas estava com 71,51% de sua capacidade em abril de 2013, mês que precede épocas chuvosas de verão. Já em agosto de 2014, a capacidade do reservatório passou para 27,55%. Esta redução da capacidade pode ser associada com o declínio da taxa de precipitação média anual na região. O ano de 2014 foi um ano atípico, pouca chuva, verão seco, temperaturas elevadas e alta radiação.

Os estudos sobre o clima regional comprovam que não é apenas a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas também sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, que resultam no fenômeno da seca (Cirilo et al, 2007 citado por Brito, 2008). Segundo dados históricos da ONS, a partir de 2012 a precipitação média na região começou a diminuir, acentuando-se em 2014, sendo este fator essencial para a baixa recarga do reservatório de Furnas em 2014.

O reservatório de Furnas chegou a registrar 13,72% de seu volume útil em agosto de 2001 quando aconteceu uma acentuada estiagem. Neste ano foi necessário até mesmo racionamento de energia elétrica por parte da população, conhecido também como “ano do apagão”. Fenômeno contrário aconteceu em 2009, segundo os registros da ONS, a máxima capacidade do reservatório aconteceu em março de 2009 atingindo a 99,26% do seu volume útil. É possível associar a falta ou excesso de chuva com a capacidade útil do reservatório no mesmo ano.

A característica multiespectral das imagens de satélite permite monitorar a variação da lâmina d’água de lagos, rios e represas (FLORENZANO, 2011). As imagens processadas mostram que a área alagada pela represa em 2013 era de 1134,13 km<sup>2</sup> e com a estiagem de 2014 passou para 807,42 km<sup>2</sup>, representando redução de 28,81% de área alagada. A Figura 3 ilustra a diferença entre a área ocupada pela represa em 2013 e 2014. Esta redução da lâmina d’água pode afetar as atividades produtivas do estado de Minas Gerais, principalmente as atividades à beira da represa e a produção de energia elétrica.

Através das áreas calculadas, foi possível estimar uma redução do volume de água acumulado, chegando-se a 7,082 km<sup>3</sup>. A título de comparação, esse volume equivale a 2.832.800 piscinas olímpicas, assumindo que cada uma tenha em torno de 2500 m<sup>3</sup>. Isso demonstra que o declínio da taxa de precipitação média anual na região influenciou diretamente o volume acumulado pelo reservatório.

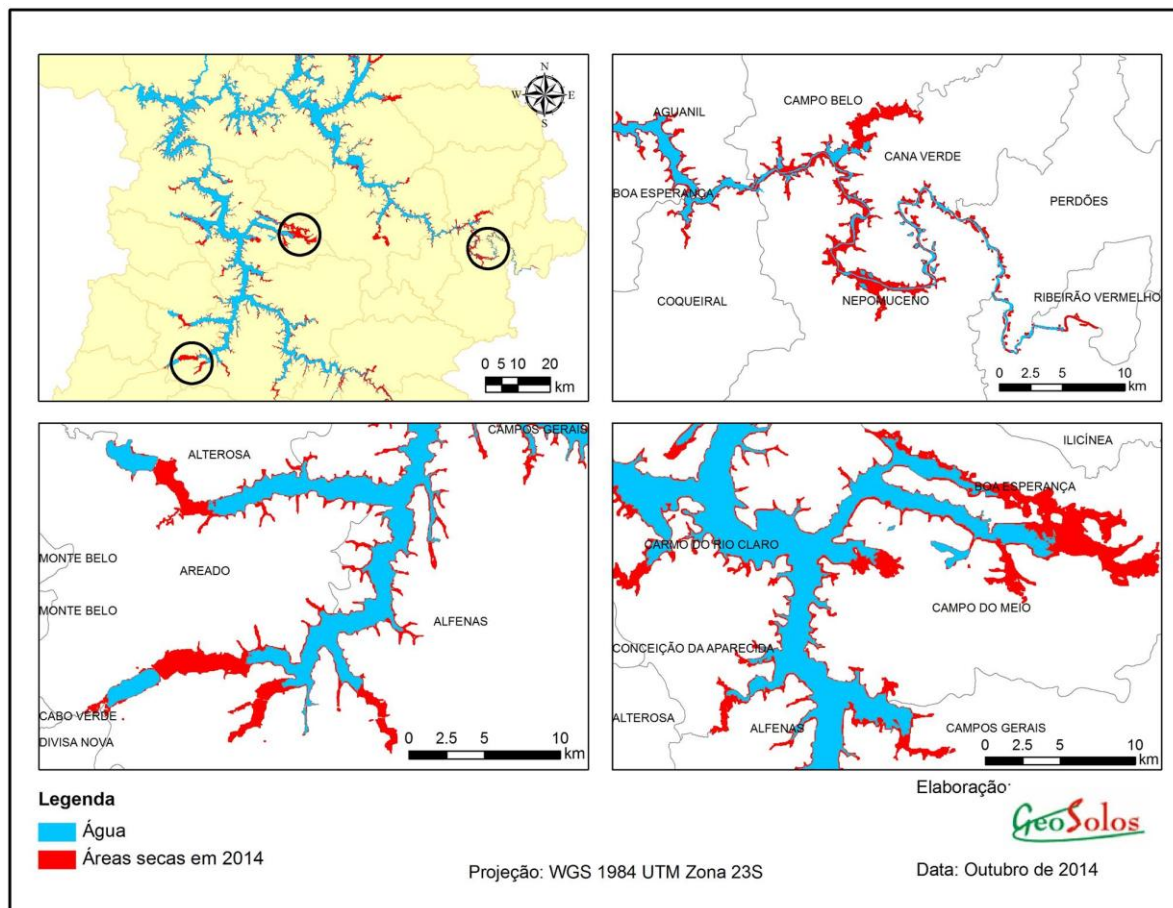


Figura 3: Redução da lâmina d'água no reservatório de Furnas, 2013 e 2014.

#### 4. Conclusão

O monitoramento através de imagens de satélite permite avaliar os níveis de água do reservatório ao longo dos anos, servindo de suporte para as tomadas de decisões. Foi possível avaliar a espacialização da redução da lâmina d'água na região de abrangência do reservatório de Furnas entre dois anos consecutivos, identificando áreas mais críticas que podem refletir nas atividades dos municípios do entorno da represa.

#### Agradecimentos:

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas concedidas, à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Embrapa Café e à Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela infraestrutura para o desenvolvimento do estudo.

#### Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Águas (ANA). Disponível em <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso em 16 de Outubro de 2014.

Boletim de Monitoramento do Reservatório de Furnas. Bol. Mon. Reservatório de Furnas, Brasília, v.1, n. 02, jun. 2013. Disponível em <[http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/Furnas/Boletim\\_Monitoramento\\_Furnas\\_2013\\_06.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/Furnas/Boletim_Monitoramento_Furnas_2013_06.pdf)>. Acesso em 15 de setembro de 2014.

Boletim de Monitoramento do Reservatório de Furnas. Bol. Mon. Reservatório de Furnas, Brasília, v.2, n.9, set. 2014. Disponível em <[http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/Furnas/Boletim\\_Monitoramento\\_Furnas\\_2014\\_09.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/Furnas/Boletim_Monitoramento_Furnas_2014_09.pdf)>. Acesso em 15 de setembro de 2014.

BRITO, G. L. M; SCHUSTER, H. D. M; SRINIVASAN, V. S. **Estimativa da taxa de recarga na bacia sedimentar do Rio do Peixe no semi árido paraibano pelo método do Balanço Hídrico Sequencial Diário (BALSEQ)**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2008. Disponível em <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/23692/15765> >. Acesso em 17 de Setembro de 2014.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A. e CARVALHO, M. A. **Avaliação da área e do entorno da Represa de Furnas, MG, por meio de SIG utilizando dados públicos: facilidades, dificuldades e problemas**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis. **Anais...** S. J. dos Campos: INPE, p.879-886, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2002. INPE-8984-PUD/62.

NOVO, E. M. L de M. Sensoriamento Remoto Aplicado à Ecologia Aquática. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Orgs) Lições de Limnologia. São Carlos: RIMA, 2005. p 418-432.

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Disponível em <[http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx)>. Acesso em 15 de Setembro de 2014.

Sistema Furnas de Geração e Transmissão (FURNAS). Disponível em <[http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemaFurnas/usina\\_hidr\\_furnas.asp](http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemaFurnas/usina_hidr_furnas.asp)>. Acesso em 16 de Outubro de 2014.