

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

*“Mapeamento de espelhos d'águas com área de inundação superior a um hectare, principais barragens, reservatórios e represas do Estado de Goiás e Distrito Federal”.*

A água é um bem essencial e indispensável à manutenção da vida, trata-se de um elemento natural e de direito a todos os seres vivos. Atualmente, uma parte da população não usufrui de quantidade e qualidade adequada devido, dentre outros fatores, à poluição e/ou contaminação por produtos tóxicos gerados pelo uso inadequado e/ou irresponsável (MESQUITA, 2004).

O Brasil é considerado um país privilegiado por dispor de cerca de 12% das reservas de água doce presente no mundo, porém suas águas são distribuídas desigualmente sobre seu território. Enquanto que, a Bacia Amazônica concentra 70% do volume nacional e dispõe da menor densidade demográfica, temos rios na região Nordeste e Sul com criticidade quantitativa, ou seja, baixa disponibilidade hídrica para suprir a demanda, e rios em regiões metropolitanas com criticidade quali-quantitativa devido à poluição hídrica (esgoto sem tratamento) e alta demanda dos centros urbanos (ANA, 2010).

Diante desse cenário, a crescente demanda por água dos setores de geração de energia, abastecimento urbano, industrial e agropecuário impulsionou a construção de barragens e reservatórios em todo o Brasil, tornando-se uma alternativa economicamente viável. Por outro lado, a maioria desses empreendimentos são construídos clandestinamente sem a devida autorização (licença) dos órgãos ambientais competentes. Outro fator importante que contribui para o aumento desses empreendimentos clandestinos é a ineficiente ação de fiscalização ambiental, que nem sempre dispõe de quantitativo de técnicos e equipamentos adequados para este fim.

Em decorrência do aumento descontrolado desses barramentos, grandes desastres ambientais podem acontecer, como por exemplo, o recente rompimento de duas represas localizadas dentro de uma fazenda no município de Itaberá-GO.

Com o objetivo de suprir a falta de dados geográficos que subsidiem ações e políticas ambientais, e visando promover o desenvolvimento sustentável em Goiás, o Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos – IMB/Segplan, através da Gerência de Cartografia e Geoprocessamento, realizou o mapeamento das barragens, reservatórios e represas com área de inundação superior a um hectare do Estado de Goiás e Distrito Federal. Sua disponibilização é gratuita por meio do Portal SIEG (Sistema de Geoinformação do Estado de Goiás – [www.sieg.go.gov.br](http://www.sieg.go.gov.br)).

Para a extração dos corpos d'água foram utilizadas imagens orbitais do satélite americano Landsat 8 - Sensor OLI (*Operational Land Imager*) obtidas gratuitamente no portal do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS (*United States Geological Survey*). As imagens multiespectrais (resoluções: espacial de 30 metros, radiométrica: 16 bits e temporal: 16 dias) selecionadas para este

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

trabalho consideraram três critérios: o nível de correção L1T (também chamado de *Standard Terrain Correction* que engloba a correção radiométrica e geométrica), a data do imageamento (ano de 2015) e pouca/ausência de nuvens (minimizar a influência oriunda da atmosfera).

A partir de 23 cenas gerou-se um mosaico cobrindo toda extensão de Goiás e Distrito Federal, sem aplicação de qualquer técnica de equalização radiométrica e utilizando somente o interpolador pelo vizinho mais próximo, com o intuito de preservar os valores digitais originais.

O mapeamento foi realizado mediante adaptação do método de extração automática de corpos d'água AWEI (*Automated Water Extraction Index*), desenvolvido por Feyisa et al. (2014). O índice  $AWEI_{sh}$  foi elaborado com base no comportamento espectral das imagens provenientes do satélite Landsat 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) combinado com estudos empíricos das propriedades de reflectância de pixels puros, levando em consideração vários tipos de cobertura do solo. Esse índice é capaz de realçar o contraste e distinguir com mais assertividade superfícies de água, por meio de combinações aritméticas de bandas espectrais por diferenciação, adição e aplicação de diferentes coeficientes (Feyisa et al., 2014).

A seguir é apresentado a adaptação do índice  $AWEI_{sh}$  empregado para extração de corpos d'águas utilizando imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI.

$$AWEI_{sh} = \rho_{banda2} + 2,5 * \rho_{banda3} - 1,5 * (\rho_{banda5} + \rho_{banda6}) - 0,25 * \rho_{banda7}$$

Temos que,  $\rho$  é o valor de reflectância das bandas espectrais do Landsat8 OLI.  
Adaptado de Feysa et al. (2014).

O índice  $AWEI_{sh}$  utiliza em sua formulação, coeficientes (escalares) e bandas espectrais do espectro do visível e infravermelho (próximo e médio), para a delimitação automática dos corpos d'água fazendo com que a água assuma valores maiores que zero, enquanto que os outros objetos sejam classificados com valores abaixo de zero.

Como em todo processo automático de extração de feições, a etapa de verificação (interpretação visual) é importante para eliminar possíveis polígonos que foram classificados erroneamente como água e também os espelhos d'águas naturais (que não se enquadram como represamento artificial). Para esta etapa foram utilizadas de forma complementar as imagens de alta resolução espacial (< 1 metro), disponibilizadas gratuitamente pelo *software GoogleEarth Pro*.

Neste mapeamento foram identificados um total de 8.166 espelhos d'águas, representados por barragens, reservatórios e represas, com área de inundação superior a um hectare, destes 21 Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Tabela 1), 20 são Usinas Hidrelétricas – UHEs (Tabela 2) e 8.125 são barramentos para outros usos (Tabela 3). A Figura 1 apresenta a distribuição espacial dos 8.166 espelhos d'águas mapeadas no Estado de Goiás e Distrito Federal.

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

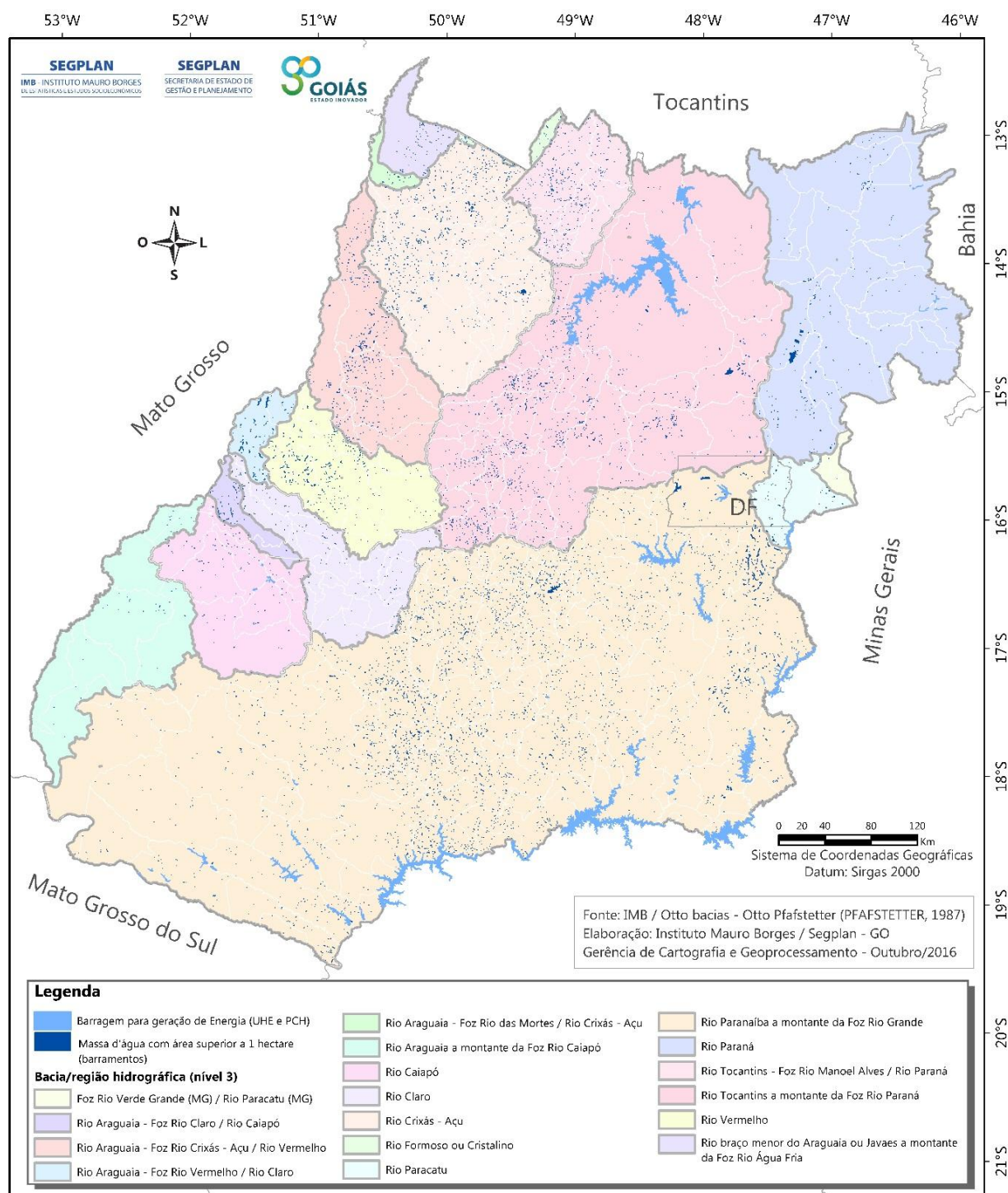


Figura 1 – Mapeamento dos espelhos água com área de inundação superior a um hectare.

A informação referente à potência instalada de cada usina de geração de energia foi obtida através do cruzamento das informações disponibilizadas pelo Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico - Sigel de responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel, com as informações da Superintendência Executiva de Infraestrutura da Secretaria

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e assuntos Metropolitanos - Secima (antiga Seinfra).

A Tabela 1 apresenta as 21 PCHs, constando a área de inundação, potência instalada, nome do rio em que foi instalado, e municípios compreendidos. A área total de inundação considerando as 21 PCHs é da ordem de 5.806,50 hectares.

**Tabela 1 – Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) – 1MW < Potência ≤ 30 MW.**

Nome PCH	Área (ha) inundada	Potência Inst. (MW)	Rio	Municípios
Cachoeira do Lavrinha (Antiga São Patrício)	3,34	3,01	das Almas	Rianópolis-GO / Jaraguá-GO
Galheiros I	42,11	12,00	Galheiros	São Domingos-GO
Goiandira	559,01	27,00	Veríssimo	Goiandira-GO / Nova Aurora-GO
Irara	315,33	30,00	Doce	Rio Verde-GO / Jataí-GO
Jataí	13,45	30,00	Claro	Jataí-GO
Lago Azul	191,63	3,99	Ribeirão Castelhana	Cristalina-GO / Ipameri-GO
Mambaí II	17,94	12,00	Rio Corrente	Sítio D'Abadia-GO
Mosquitão	157,31	30,00	Caiapó	Arenópolis-GO / Iporá-GO
Nova Aurora	586,11	21,00	Veríssimo	Nova Aurora-GO / Goiandira-GO / Ipameri-GO
Piranhas	26,90	18,05	Piranhas	Piranhas-GO
Planalto	247,09	17,00	Aporé	Aporé-GO / Cassilândia-MG
Pontal do Prata	240,74	14,20	Prata	Aporé-GO
Queixada	631,93	30,00	Corrente	Itarumã-GO / Aporé-GO
Retiro Velho	580,72	18,00	Prata	Aporé-GO
Riachão (Antiga Santa Edwiges I)	421,01	13,40	Piracanjuba	Buritinópolis-GO / Posse-GO / Mambaí-GO
Rochedo	147,71	4,00	Meia Ponte	Piracanjuba-GO
Santa Edwiges II	341,71	13,00	Buritis	Buritinópolis-GO / Mambaí-GO
Santa Edwiges III	191,35	11,60	Buritis	Buritinópolis-GO / Posse-GO
Santo Antônio do Caiapó	601,20	30,00	Caiapó	Arenópolis-GO / Ivolândia-GO / Palestina de Goiás-GO
São Domingos II	149,56	24,30	São Domingos	São Domingos-GO
Tamboril	340,35	29,33	Bonito	Arenópolis-GO / Palestina de Goiás-GO

Fonte: Aneel (2016), Secima (2016) e IMB (2016).

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

Neste mapeamento foram identificadas 20 UHEs e juntas contabilizam uma área alagada de 308.112,74 hectares, conforme pode ser observada na Tabela 2.

**Tabela 2 - Usinas hidrelétricas (UHEs) – Potência instalada > 30 MW.**

Nome UHE	Área (ha) Inundada	Potência Inst.(MW)	Rio	Municípios
Barra dos Coqueiros	2.314,65	90,00	Claro	Cachoeira Alta-GO / Caçu-GO
Batalha (Antiga Paulista)	10.736,54	52,50	São Marcos	Cristalina-GO / Paracatu-MG
Cachoeira Dourada	5.786,02	658,00	Paranaíba	Cachoeira Dourada-GO / Itumbiara-GO / Cachoeira Dourada-MG
Caçu	1.306,98	65,00	Claro	Caçu-GO / Cachoeira Alta-GO
Cana Brava	12.480,36	450,00	Tocantins	Cavalcante-GO / Minaçu-GO / Colinas do Sul-GO
Corumbá I	4.876,06	375,30	Corumbá	Caldas Novas-GO / Corumbaíba-GO / Ipameri-GO
Corumbá III	6.298,52	96,45	Corumbá	Luziânia-GO
Corumbá IV	16.878,67	129,00	Corumbá	Luziânia-GO / Santo Antônio do Descoberto-GO / Alexânia-GO / Abadiânia-GO / Silvânia-GO / Novo Gama-GO
Emborcação	24.699,61	1.192,00	Paranaíba	Cascalho Rico-MG / Catalão-GO / Três Ranchos – GO / Ouvidor-GO
Engº José Luiz Muller de Godoy Pereira (Antiga Foz do Rio Claro)	813,00	68,40	Claro	Caçu-GO / São Simão-GO
Espora	2.476,28	32,00	Corrente	Aporé-GO / Itarumã-GO / Serranópolis-GO
Itumbiara	46.100,74	2.082,00	Paranaíba	Araporã-MG / Itumbiara-GO / Buriti Alegre-GO / Água Limpa-GO / Corumbaíba-GO / Marzagão-GO / Cumari-GO
Paranoá	3.764,09	30,00	Paranoá	Brasília-DF
Queimado	2.560,20	105,45	Preto	Unai-MG / Cristalina-GO / Brasília-DF / Formosa-GO
Salto	5.565,14	116,00	Verde	Caçu-GO / Itarumã-GO
Salto do Rio Verdinho	4.103,25	93,00	Verde	Caçu-GO / Itarumã-GO
São Domingos	174,97	14,32	São Domingos	São Domingos-GO
São Simão	50.198,76	1.710,00	Paranaíba	São Simão-GO / Santa Vitória-MG / Paranaiguara-GO / Quirinópolis-GO / Gouvelândia-GO / Bom Jesus de Goiás / Inaciolândia-GO

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

Nome UHE	Área (ha) Inundada	Potência Inst.(MW)	Rio	Municípios
Serra da Mesa	93.373,99	1.275,00	Tocantins	Minaçu-GO / Colinas do Sul-GO / Campinaçu-GO / Niquelândia-GO / Uruaçu-GO / Santa Rita do Novo Destino-GO
Serra do Facão	13.604,91	212,58	São Marcos	Davinópolis-GO / Catalão-GO / Campo Alegre de Goiás-GO

Fonte: Aneel (2016), Secima (2016) e IMB (2016).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Nº 9.433/1997, considera a bacia hidrográfica sendo a unidade territorial básica para o planejamento e o gerenciamento dos Recursos Hídricos, portanto, essa configura-se primordial para realização de estudos e análises ambientais.

Levando em consideração a codificação de Otto Pfafstetter, nível 3 de hierarquização, o Estado de Goiás compreende 17 sub bacias hidrográficas. A Tabela 3 apresenta o quantitativo dos 8.125 barramentos mapeados, excluindo as UHEs e PCHs, distribuídos espacialmente sobre as 17 bacias/regiões hidrográficas (nível 3).

**Tabela 3 – Quantitativos dos barramentos em relação as bacias/regiões hidrográficas (classificação nível 3 - método hierárquico de codificação desenvolvido por Otto Pfafstetter).**

Bacia/Região hidrográfica (nível 3)	Quantidade	Área inundada (ha)	Área média (ha)
Reg. hid. Rio Paranaíba a montante da Foz Rio Grande	4.043	20.015,65	4,95
Reg. hid. Rio Tocantins a montante da Foz Rio Paraná	1.262	6.312,93	5,00
Bacia hid. Rio Crixás - Açú	902	4.496,82	4,99
Bacia hid. Rio Paraná	213	4.257,91	19,99
Reg. hid. Rio Araguaia - Foz Rio Crixás - Açú / Rio Vermelho	391	2.071,84	5,30
Bacia hid. Rio Vermelho	311	1.641,81	5,28
Reg. hid. Rio Araguaia - Foz Rio Vermelho / Rio Claro	84	1.432,37	17,05
Reg. hid. Rio Tocantins - Foz Rio Manoel Alves / Rio Paraná	384	1.139,94	2,97
Bacia hid. Rio Claro	144	441,53	3,07
Bacia hid. Rio Paracatu	58	393,07	6,78
Reg. hid. Rio Araguaia - Foz Rio Claro / Rio Caiapó	52	340,37	6,55
Bacia hid. Rio Caiapó	104	276,01	2,65
Reg. hid. Rio braço menor do Araguaia ou Javaes a montante da Foz Rio Água Fria	73	184,37	2,53
Reg. hid. Rio Araguaia a montante da Foz Rio Caiapó	49	108,24	2,21
Bacia hid. Rio Formoso ou Cristalino	35	86,09	2,46

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

Bacia/Região hidrográfica (nível 3)	Quantidade	Área inundada (ha)	Área média (ha)
Reg. hid. Rio Araguaia - Foz Rio das Mortes / Rio Crixás - Açú	18	59,37	3,30
Reg. hid. Foz Rio Verde Grande (MG) / Rio Paracatu (MG)	2	7,99	4,00

Fonte: IMB (2016) e GGM (2006).

Verifica-se que a Região Hidrográfica Rio Paranaíba a montante da Foz Rio Grande concentra a maior quantidade (4.043) e área inundada (20.015,65ha) dos barramentos, e compreende uma extensão territorial de 14.460.314,60 ha. É nesta bacia que estão posicionados os dez maiores municípios em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) para o ano de 2013, de acordo com o estudo realizado pela Gerência de Contas Regionais e Indicadores do IMB, são: 1º Goiânia, 2º Anápolis, 3º Aparecida de Goiânia, 4º Rio Verde, 5º Catalão, 6º Itumbiara, 7ºJataí, 8º Luziânia, 9º Senador Canedo e 10º Cristalina.

A seguir é apresentado na Tabela 4 o ranking com os vinte e cinco municípios goianos com maior quantidade de área inundada por barramentos, excluindo as áreas alagadas por usinas de geração de energia.

**Tabela 4 - Ranking dos 25 municípios com maior quantidade de área alagada por barramentos do Estado de Goiás.**

Ranking		Município	Área inundada (ha)	Área do Município	Percentual
Área	Percentual				
1º	13º	Cristalina	2.950,16	616.292,30	0,48
2º	8º	São João d'Aliança	2.656,19	333.130,05	0,80
3º	29º	Nova Crixás	1.871,37	730.302,32	0,26
4º	6º	Água Fria de Goiás	1.786,95	202.787,28	0,88
5º	18º	Jussara	1.666,34	408.912,63	0,41
6º	52º	Formosa	1.048,86	579.827,24	0,18
7º	2º	Alto Horizonte	960,30	50.079,51	1,92
8º	61º	Porangatu	807,64	482.155,18	0,17
9º	17º	Bonópolis	689,82	162.992,40	0,42
10º	59º	Paraúna	644,75	378.679,87	0,17
11º	7º	Goiânia	630,68	73.745,68	0,86
12º	11º	Santa Fé de Goiás	616,69	116.549,71	0,53
13º	19º	Acreúna	605,02	156.543,86	0,39
14º	66º	Catalão	591,45	381.405,54	0,16
15º	100º	São Miguel do Araguaia	570,14	614.451,68	0,09
16º	26º	Mundo Novo	560,94	213.963,72	0,26

TEMA: Mapeamento de espelhos d'águas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

Ranking		Município	Área inundada (ha)	Área do Município	Percentual
Área	Percentual				
17º	9º	Turvelândia	560,26	93.650,05	0,60
18º	74º	Luziânia	559,10	396.827,10	0,14
19º	132º	Rio Verde	527,78	838.581,38	0,06
20º	53º	Morrinhos	511,87	284.575,06	0,18
21º	22º	Itaberaí	478,68	146.674,58	0,33
22º	64º	Montes Claros de Goiás	457,68	289.927,51	0,16
23º	1º	Goianápolis	451,27	16.704,71	2,70
24º	94º	Ipameri	448,14	438.006,80	0,10
25º	54º	Campo Alegre de Goiás	437,27	245.628,97	0,18

Fonte: IMB (2016).

A título de exemplo, a Figura 2 mostra o mapeamento realizado em Cristalina e Goianápolis, que constituem os municípios com maior área alagada por barramentos e maior percentual de área alagada em relação à área do próprio município, respectivamente. Nessa análise, citada como exemplo, foram desconsideradas as áreas alagadas por usinas de geração de energia.

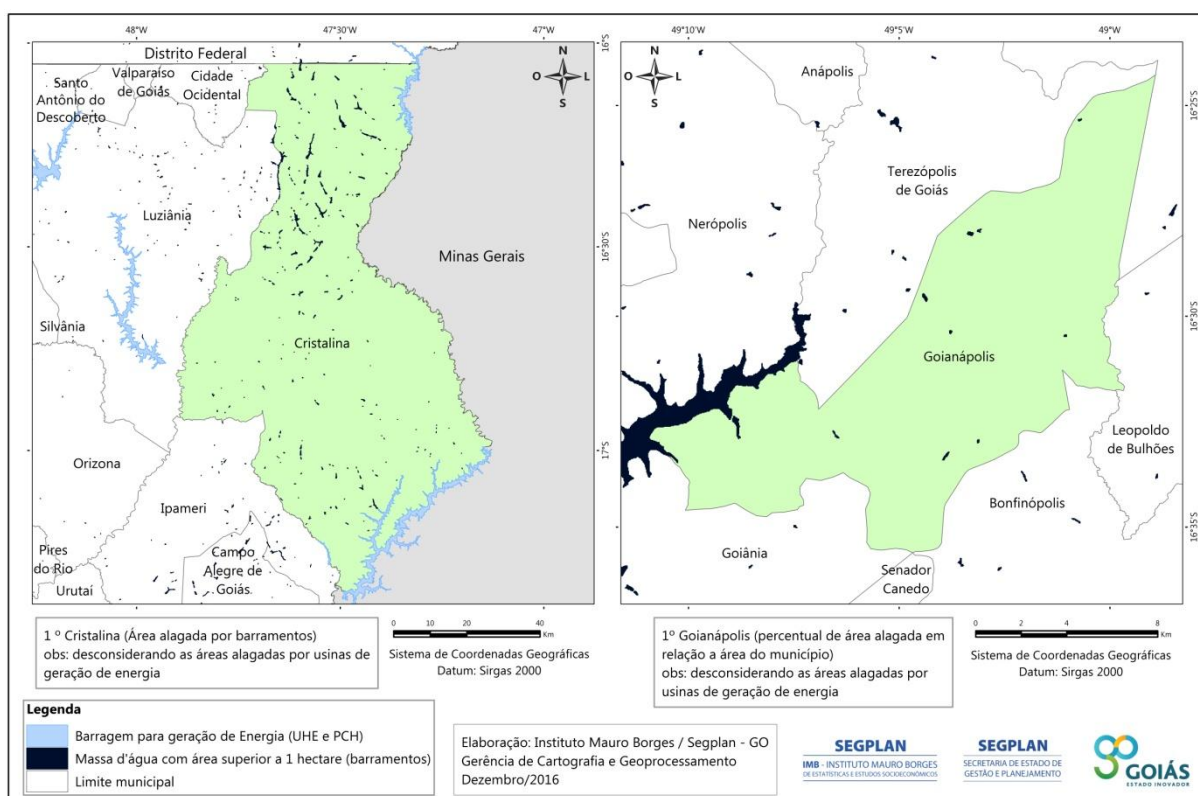


Figura 2 – Espelhos d'água mapeados nos municípios de Cristalina e Goianápolis.