

Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**



Fabio Souza Diniz

**A crise hídrica do Sistema Descoberto - Distrito Federal - no triênio 2015-2017**

Brasília

2019

Fabio Souza Diniz

**A crise hídrica do Sistema Descoberto - Distrito Federal - no triênio 2015-2017**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública.

Orientador: Prof. Dr. Renato Castiglia Feitosa

Brasília

2019

Catálogo na fonte  
Fundação Oswaldo Cruz  
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde  
Biblioteca de Saúde Pública

D585c      Diniz, Fabio Souza.  
A crise hídrica do Sistema Descoberto - Distrito Federal - no  
triênio 2015-2017 / Fabio Souza Diniz. -- 2019.  
91 f. : il. color. ; graf. ; mapas ; tab.

Orientador: Renato Castiglia Feitosa.  
Dissertação (mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Na-  
cional de Saúde Pública Sergio Arouca, Brasília-DF, 2019.

1. Recursos Hídricos. 2. Escassez de Água. 3. Monitoramento.  
4. Saneamento Básico. 5. Administração Pública. 6. Demografia.  
7. Solo. I. Título.

CDD – 23.ed. – 333.91098174

Fabio Souza Diniz

**A crise hídrica do Sistema Descoberto - Distrito Federal - no triênio 2015-2017**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública.

Aprovada em: 26 de fevereiro de 2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Renato Castiglia Feitosa  
ENSP/FIOCRUZ

Prof. Dr. Alceu de Castro Galvão Júnior  
ARCE

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rafaela dos Santos Facchetti V. Assumpção  
ENSP/FIOCRUZ

Brasília

2019

Para Débora, Sofia e Davi, meus grandes amores.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao Senhor Deus, a quem aprouve criar a água e fazer dela um elemento essencial à vida. Nas palavras do profeta Zacarias, capítulo 10, verso 1: “Pedi ao SENHOR chuva no tempo da chuva serôdia, sim, ao SENHOR que faz relâmpagos; e lhes dará chuvas abundantes, e, a cada um, erva no campo.”

Agradeço à minha amada esposa, Débora, que assumiu juntamente comigo o desafio de realizar um mestrado em meio aos embates da vida diária e a criação de duas crianças lindas, Sofia e Davi, a quem também agradeço por compreenderem a ausência do seu pai nas horas de estudo e produção.

Agradeço aos colegas da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa, em especial às equipes da Superintendência de Recursos Hídricos e da Superintendência de Abastecimento de Água e Esgoto, que forneceram insumos indispensáveis para a realização do presente trabalho. Obrigado, amigas Cris e Dri, pela ajuda com a apresentação.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos que participaram do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Serviços Públicos de Saneamento Básico da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca – ENSP/FIOCRUZ, especialmente ao Professor Renato Castiglia Feitosa, por sua paciência e esmero.

*"I have spoken of the rich years when the rainfall was plentiful. But there were dry years too, and they put a terror on the valley. The water came in a thirty-year cycle. There would be five or six wet and wonderful years when there might be nineteen to twenty-five inches of rain, and the land would shout with grass. Then would come six or seven pretty good years of twelve to sixteen inches of rain. And then the dry years would come, and sometimes there would be only seven or eight inches of rain. The land dried up and the grasses headed out miserably a few inches high and great bare scabby places appeared in the valley. The live oaks got a crusty look and the sagebrush was gray. The land cracked and the springs dried up and the cattle listlessly nibbled dry twigs. Then the farmers and the ranchers would be filled with disgust for the Salinas Valley. The cows would grow thin and sometimes starve to death. People would have to haul water in barrels to their farms just for drinking. Some families would sell out for nearly nothing and move away. And it never failed that during the dry years the people forgot about the rich years, and during the wet years they lost all memory of the dry years. It was always that way."*

STEINBECK, 1952, p. 162.

## RESUMO

Durante os anos de 2015 a 2017, o Distrito Federal do enfrentou a mais grave crise hídrica de sua história. O evento caracterizou-se pelo rebaixamento anormal das cotas do principal manancial da região, o Reservatório do Descoberto, ameaçando o abastecimento público de mais de um milhão e quinhentas mil pessoas. Tendo em vista o notório crescimento da demanda pela água no DF, bem como o dinamismo das mudanças que se operam na sociedade e como elas impactam os recursos hídricos, faz-se mister uma gestão cada vez mais precisa, baseada em critérios empíricos, que diminua a incerteza e o risco, aumentando a segurança hídrica. O objetivo desta obra é analisar os principais fatores que desencadearam a escassez hídrica no sistema, com base em dados de monitoramento hidrometeorológico, demográficos, ambientais e outros afetos aos recursos hídricos e seus usos. Pretende-se, por fim, identificar oportunidades para o desenvolvimento do planejamento e da gestão dos recursos hídricos, considerando as peculiaridades e desafios locais.

## **ABSTRACT**

During the years 2015 to 2017, the Federal District faced the most serious water crisis in its history. The event was characterized by the abnormal lowering of the quotas of the main source of the region, the Descoberto Reservoir, threatening the water supply of more than one million people. Considering the notorious growth of water demand in the Federal District, as well as the dynamism of the changes that are taking place in its society and how they impact water resources, an increasingly precise water management, based on empirical data, is required to reduce uncertainty and risk, increasing water security. The goal of the present work is to analyze the main factors that trigger the water scarcity in the system, based on hydrometeorological, demographic, environmental and other data related to hydric resources and its uses in Descoberto system basin. Finally, it is intended to identify opportunities for the development of planning and management of water resources that takes into account local peculiarities and challenges.

Keywords: water resources; scarcity; monitoring; basic sanitation; public administration.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Posição do DF (em vermelho) na Divisão Hidrográfica Nacional.....	14
Figura 2: Bacias Hidrográficas do Distrito Federal (Adasa, 2011).....	15
Figura 3: Unidades Hidrográficas do Distrito Federal (Adasa, 2011).....	16
Figura 4: Bacia Hidrográfica do Lago do Descoberto e seus afluentes distritais.....	22
Figura 5: Mapa de uso do solo na Bacia do Descoberto (Adasa, 2011).....	23
Figura 6: Volume útil do Reservatório do Descoberto no biênio 2016 – 2017.....	27
Figura 7: Interações entre subsistemas e ambiente (Loucks E Van Beek, 2005).....	38
Figura 8: Precipitação anual com média e tendência – Descoberto.....	49
Figura 9: Precipitação anual com linhas de 75% e 125% da média.....	50
Figura 10: Perfis médios dos afluentes distritais.....	52
Figura 11: Valores de amplitude dos ciclos anuais do Rio Descoberto.....	54
Figura 12: Valores de amplitude dos ciclos anuais do Ribeirão Rodeador.....	55
Figura 13: Comparativo das feições da microbacia do Rodeador.....	56
Figura 14: Comparativo de vazões mensais – média X triênio crítico – Descoberto.....	57
Figura 15: Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico - Chapadinha.....	57
Figura 16: Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico - Olaria.....	58
Figura 17: Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico - Rodeador.....	58
Figura 18: Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Capão Comprido.....	59
Figura 19: Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Ribeirão das Pedras.....	59
Figura 20: Comparação de vazões médias dos afluentes - outubro/2017.....	60
Figura 21: Níveis mensais médios do Reservatório do Descoberto.....	61
Figura 22: Comparativo das curvas do Reservatório do Descoberto.....	62
Figura 23: Série histórica de níveis mínimos do Reservatório do Descoberto.....	63
Figura 24: Evolução das vazões captadas no Reservatório do Descoberto (1986 – 2017).....	64
Figura 25: Regiões atendidas pelo Sistema Descoberto e quantidade de ligações.....	64
Figura 26: Unidades de consumo no Sistema Descoberto por ano.....	65
Figura 27: Consumo médio anual por Região Administrativa.....	66
Figura 28: População de Brasília nos Censos (1970 – 2010).....	67
Figura 29: Mapa de expansão urbana no Distrito Federal.....	68
Figura 30: Mapa do Distrito Federal com Regiões Administrativas.....	71
Figura 31: Mapa de Uso do solo no Distrito Federal (Adasa, 2011).....	73
Figura 32: Incri 9 em 03/09/2003.....	74
Figura 33: Incri 9 em 11/08/2018.....	75

Figura 34: Área desmatada na Amazônia Brasileira (1970 – 2018).....	77
Figura 35: Comparação - Vazão Captada X Vazão Afluente X Pluviometria.....	79
Figura 36: Níveis do Reservatório do Descoberto em 2018.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Divisão hidrográfica do Distrito Federal – Regiões, Bacias e Unidades.....	17
Tabela 2: Dados hidrológicos referentes à área de estudo.....	33
Tabela 3: Dados referentes ao sistema de abastecimento público.....	33
Tabela 4: Dados demográficos.....	34
Tabela 5: Vazões de referência para emissão de outorga.....	47
Tabela 6: Classificação das pluviosidades anuais por década.....	50
Tabela 7: Diferença entre as vazões máxima e mínima anual.....	53
Tabela 8: Características demográficas das Regiões Administrativas (CODEPLAN, 2017)...	72

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	CONTEXTO.....	13
1.2	O RESERVATÓRIO DO DESCOBERTO.....	19
1.3	BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO DESCOBERTO.....	21
1.4	ESCASSEZ HÍDRICA E AÇÕES MITIGADORAS.....	24
1.5	PROBLEMA.....	28
1.6	JUSTIFICATIVA.....	29
2	OBJETIVOS.....	31
2.1	OBJETIVO GERAL.....	31
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.2	ANÁLISE DE DADOS.....	33
3.3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	34
3.3.1	Hidrologia.....	34
3.3.2	Gestão dos Recursos Hídricos.....	36
4	RESULTADOS.....	48
4.1	DADOS HIDROLÓGICOS.....	48
4.2	DADOS DE CONSUMO.....	63
4.3	DEMOGRAFIA E SOLO.....	67
5	DISCUSSÃO.....	78
6	CONCLUSÕES.....	85
7	REFERÊNCIAS BIBLIOPGRÁFICAS.....	88

## 1 INTRODUÇÃO

Sujeito a variações sazonais no regime de chuvas ao longo do ano, o Distrito Federal - DF, localizado no Centro-Oeste do Brasil, experimenta estiagens que podem durar mais de 120 dias, segundo informações do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2018). Essa característica requer um manejo adequado dos recursos hídricos, especialmente pela relação entre sua disponibilidade e demanda

Contudo, o crescimento demográfico na região tem aumentado a pressão sobre os mananciais de água. De igual modo, mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo, somadas a cenários hidrológicos críticos, comprometem a disponibilidade hídrica futura. O triênio hidrológico 2015 - 2017 apresentou alguns dos piores índices pluviométricos já registrados no DF (ADASA, 2018).

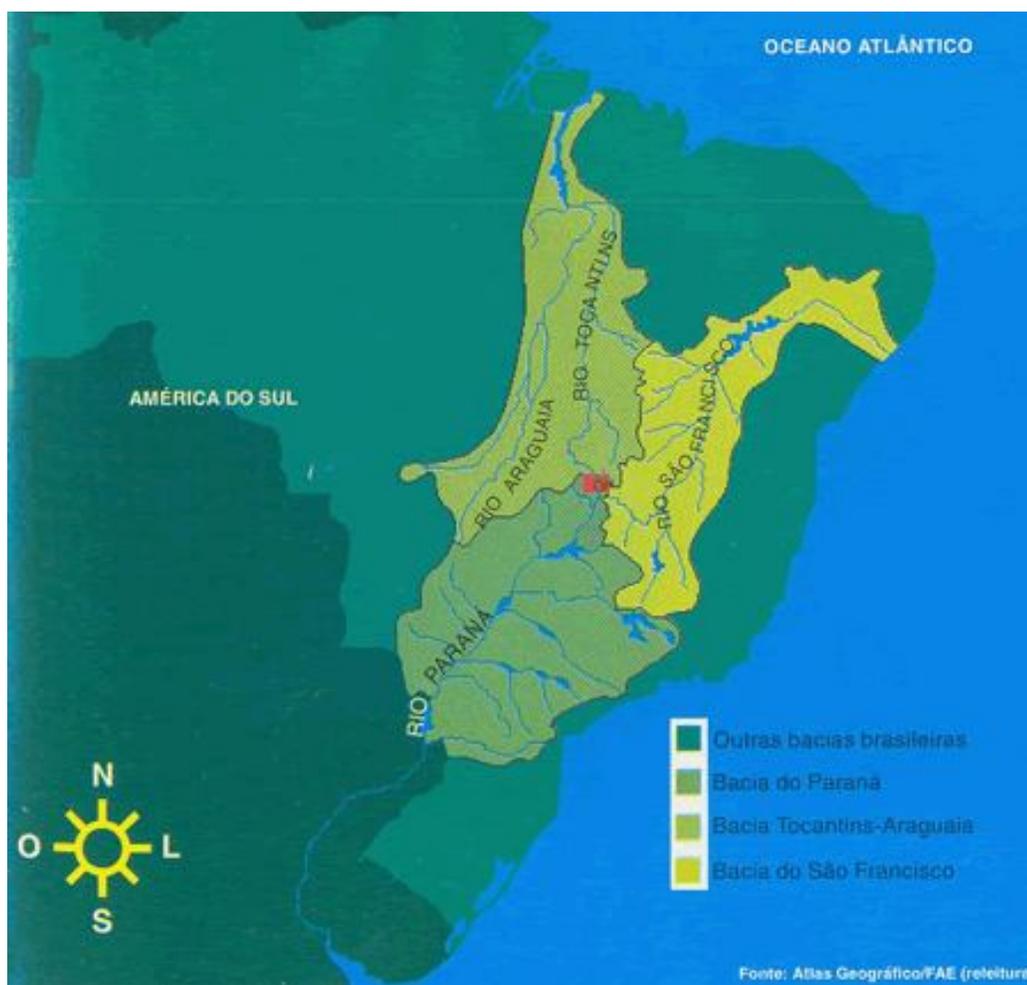
A soma desses e outros fatores relacionados levou a região a vivenciar uma crise hídrica sem precedentes. Em 2017, o Reservatório do Descoberto, principal fonte de água para abastecimento público do DF, atingiu os níveis mais baixos de armazenamento desde sua entrada em operação, aproximando-se de um colapso que afetaria mais de um milhão e quinhentas mil pessoas.

### 1.1 CONTEXTO

O Distrito Federal é o ente da República Federativa do Brasil que abriga a capital nacional, Brasília. Localizado na região Centro-Oeste do país, seu território mede cerca de 5.779,997 km<sup>2</sup> e está situado no Planalto Central. Estima-se que sua população ultrapasse o número de três milhões de pessoas (IBGE, 2017), fora a população flutuante, que tem por domicílio as cidades circunvizinhas, no Entorno, e vem ao DF para fins diversos.

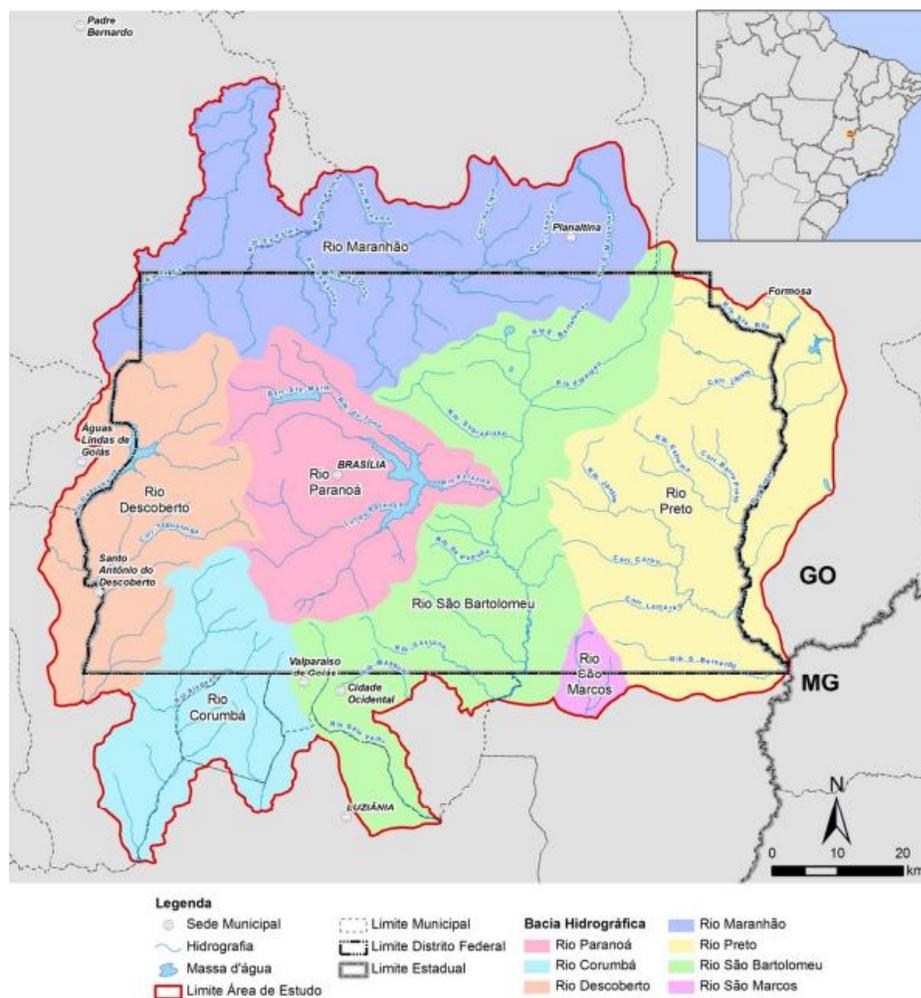
Do ponto de vista hidrográfico, o Distrito Federal situa-se em posição peculiar, no divisor de águas das cabeceiras (nascentes) de três grandes bacias nacionais, que coincidem com as seguintes regiões hidrográficas descritas na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH 032/2003: Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná (figura 1).

Figura 1 – Posição do DF (em vermelho) na divisão hidrográfica nacional



No território do DF, essas três bacias nacionais e internacional (Paraná) formam sete bacias hidrográficas regionais: Rio Corumbá, Rio Descoberto, Rio Maranhão, Rio Paranoá, Rio Preto, Rio São Bartolomeu e Rio São Marcos (figura 2). Elas drenam para as regiões hidrográficas da divisão nacional supracitada.

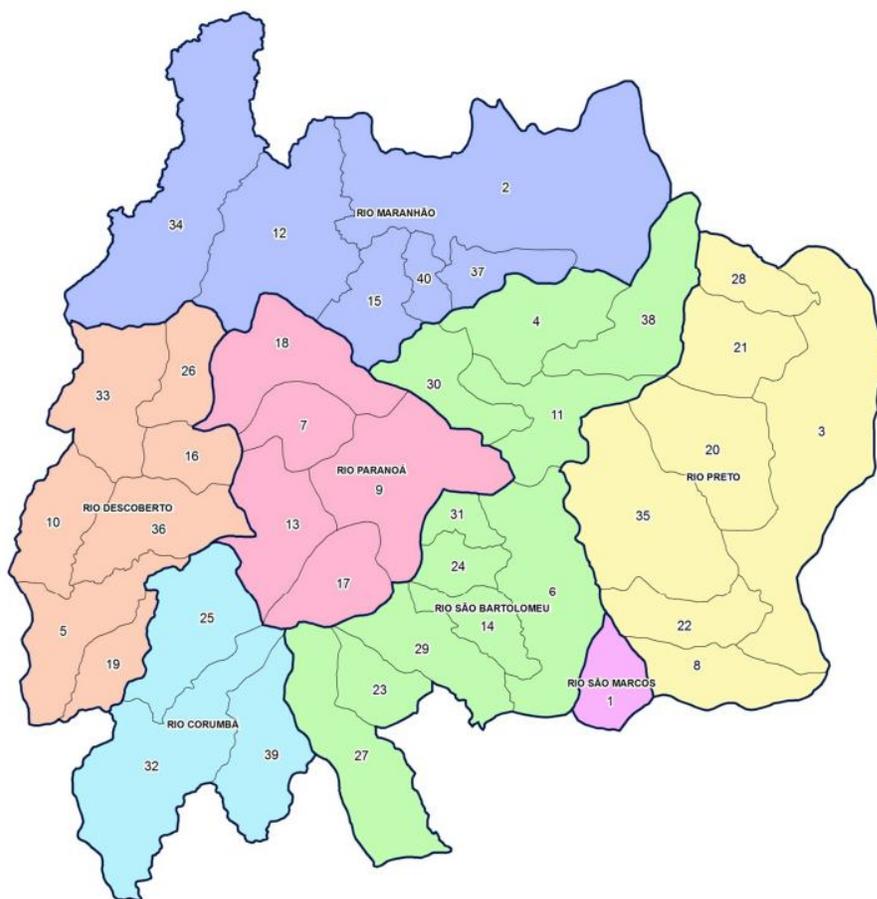
Figura 2 – Bacias hidrográficas do Distrito Federal



Fonte: ADASA, 2011

Para fins de gestão dos recursos hídricos locais, as bacias do DF foram originalmente divididas em 40 unidades hidrográficas (U.H.) de planejamento, conforme figura 3 (ADASA, 2011). Posteriormente, foi criada a U.H. 41 - Paranã. Essas unidades coincidem com microbacias afluentes às bacias da figura 2. A divisão hidrográfica do Distrito Federal, consideradas as regiões, bacias e unidades hidrográficas e suas respectivas áreas, pode ser vista na tabela 1.

Figura 3 – Unidades hidrográficas do Distrito Federal



Unidade Hidrográfica			
1	Alto Rio Samambaia	21	Ribeirão Jacaré
2	Alto Rio Maranhão	22	Ribeirão Jardim
3	Alto Rio Preto	23	Ribeirão Maria Pereira
4	Alto Rio São Bartolomeu	24	Ribeirão Papuda
5	Baixo Rio Descoberto	25	Ribeirão Ponte Alta
6	Baixo Rio São Bartolomeu	26	Ribeirão Rodeador
7	Córrego Bananal	27	Ribeirão Saia Velha
8	Córrego São Bernardo	28	Ribeirão Santa Rita
9	Lago Paranoá	29	Ribeirão Santana
10	Médio Rio Descoberto (até Rio Melchior)	30	Ribeirão Sobradinho
11	Médio Rio São Bartolomeu	31	Ribeirão Taboca
12	Rio da Palma	32	Rio Alagado
13	Riacho Fundo	33	Rio Descoberto
14	Ribeirão Cachoeirinha	34	Rio do Sal
15	Ribeirão da Contagem	35	Rio Jardim
16	Ribeirão das Pedras	36	Rio Melchior
17	Ribeirão do Gama	37	Rio Palmeiras
18	Ribeirão do Torto	38	Rio Pipiripau
19	Ribeirão Engenho das Lajes	39	Rio Santa Maria
20	Ribeirão Extrema	40	Rio Sonhém

Tabela 1 – Divisão hidrográfica do Distrito Federal – Regiões, Bacias e Unidades

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Unidades Hidrográficas	Área Total (km²)	Área no DF (km²)	
Paraná	Rio Corumbá	Ribeirão Ponte Alta	228,9	208,0	
		Rio Alagado	407,6	47,6	
		Rio Santa Maria	203,8	23,3	
	<b>Total Rio Corumbá</b>			<b>840,2</b>	<b>278,8</b>
	Rio Descoberto	Baixo Rio Descoberto	202,6	98,2	
		Médio Rio Descoberto (até Rio Melchior)	158,6	64,6	
		Ribeirão das Pedras	99,8	99,8	
		Ribeirão Engenho das Lajes	97,6	74,9	
		Ribeirão Rodeador	116,6	116,6	
		Rio Descoberto	223,5	149,2	
		Rio Melchior	206,0	206,0	
	<b>Total Rio Descoberto</b>			<b>1.104,7</b>	<b>809,3</b>
	Rio Paranoá	Córrego Bananal	121,9	121,9	
		Lago Paranoá	337,0	337,0	
		Riacho Fundo	200,2	200,2	
		Ribeirão do Gama	149,9	149,9	
		Ribeirão do Torto	245,5	245,4	
	<b>Total Rio Paranoá</b>			<b>1.054,5</b>	<b>1.054,5</b>
	Rio São Bartolomeu	Alto Rio São Bartolomeu	211,5	211,5	
		Baixo Rio São Bartolomeu	328,5	286,66	
		Médio Rio São Bartolomeu	191,8	191,8	
		Ribeirão Cachoeirinha	102,5	102,5	
		Ribeirão Maria Pereira	102,0	46,1	
		Ribeirão Papuda	73,6	73,6	
		Ribeirão Saia Velha	287,5	52,2	
		Ribeirão Santana	178,9	143,4	
		Ribeirão Sobradinho	145,6	145,6	
Ribeirão Taboca		53,6	53,6		
Rio Pipiripau		231,8	210,9		
<b>Total Rio São Bartolomeu*</b>			<b>1.907,2</b>	<b>1.518,0</b>	
Rio São Marcos	Alto Rio Samambaia	103,7	47,1		
<b>Total Rio São Marcos</b>			<b>103,7</b>	<b>47,1</b>	
São Francisco	Rio Preto	Alto Rio Preto	605,5	209,7	
		Córrego São Bernardo	157,8	82,7	
		Ribeirão Extrema	255,3	255,3	
		Ribeirão Jacaré	180,0	180,0	
		Ribeirão Jardim	141,8	141,8	
		Ribeirão Santa Rita	105,5	78,9	
	Rio Jardim	385,9	385,9		
<b>Total Rio Preto</b>			<b>1.831,7</b>	<b>1.334,2</b>	

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Unidades Hidrográficas	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área no DF (km <sup>2</sup> )
Tocantins/ Araguaia	Rio Maranhão	Alto Rio Maranhão	732,0	119,0
		Ribeirão da Contagem	146,0	144,6
		Rio da Palma	383,0	205,8
		Rio do Sal	515,2	135,6
		Rio Palmeiras	93,5	93,5
		Rio Sonhim	56,2	56,2
	<b>Total Rio Maranhão</b>		<b>1.918,9</b>	<b>754,6</b>
<b>Total da Área de Estudo</b>			<b>8.760,9</b>	<b>5.796,5</b>

Fonte: ADASA, 2011

\* A área apresentada não inclui a da Bacia do Paranoá

Como se vê na tabela 1, a região hidrográfica com maior presença no DF é a do Rio Paraná, que também abriga a maior parte da área urbana e, portanto, o maior percentual da população local. Nesta área, destacam-se as Bacias do Paranoá e do Descoberto, que abrigam a maior parte das grandes Regiões Administrativas (R.A.) e da população. No entanto, a bacia com a maior extensão na região do Paraná e no DF como um todo é a do Rio São Bartolomeu, que também abriga algumas R.A. expressivas, porém em menor quantidade.

Cabe ressaltar que, conforme preconizam a Constituição da República Federativa do Brasil e a Lei Orgânica do Distrito Federal, o DF é um ente federativo sui generis. Ele não se caracteriza como estado nem se divide em municípios, embora acumule as competências legais e patrimoniais de ambos, nos termos do Título III, Capítulo I, da Constituição Federal.

O DF possui um município apenas, Brasília, capital da República, que abrange todo o território. Suas descentralizações são as 31 Regiões Administrativas - R.A., que não são entidades federativas e não são regidas por mandatários eleitos, mas por cargos comissionados do Governo do DF. Parte das R.A. são chamadas de “cidades satélites”, por sua disposição ao redor do Plano Piloto, região central no projeto urbanístico de Brasília, porém não são municípios de fato.

O perfil hidrológico da região é de acentuado contraste, com estiagens sazonais que vão usualmente de meados do Outono ao início da Primavera, abrangendo todo o Inverno. Durante esse período, a disponibilidade hídrica reduz significativamente devido à ausência de chuvas, o que se percebe pela diminuição acentuada das vazões e dos níveis dos corpos hídricos (CAMPOS, 2004). Não raro o período seco ultrapassa 120 dias, sendo que o mais longo já registrado se estendeu por cerca de 162 dias, em 1963 (INMET, 2018).

Por ser uma região de nascentes, o DF não está situado a jusante de nenhum corpo hídrico de grandes dimensões. Isso significa que os únicos recursos hídricos de que a região dispõe para uso são os oriundos das chuvas. Essas precipitações são, então, interceptadas e armazenadas no território por meio de estruturas antrópicas ou no ambiente, seja em corpos hídricos superficiais ou aquíferos subterrâneos. Por esse motivo, somado ao fato de que as entradas de águas cessam em parte considerável do ano durante a estiagem, a reservação para uso no período seco assume um caráter crítico na gestão dos recursos hídricos locais.

Outro efeito da prolongada ausência de chuvas é a redução da vazão apresentada nos principais mananciais de abastecimento público durante a seca. A descarga líquida neste período passa a ser menor que a vazão demandada pelas captações. Os grandes reservatórios passam a operar em déficit, com a gradativa redução de seu volume útil ao longo da estiagem. As vazões afluentes passam a assumir um papel de amortecedores dos reservatórios. A agropecuária e demais usos também ficam comprometidos, com conflitos pelo uso da água.

## 1.2 O RESERVATÓRIO DO DESCOBERTO

Diante desse cenário hidrológico, sujeito a estiagens anuais prolongadas, o Estado construiu barragens para a interceptação e acumulação de águas oriundas das precipitações e da afluição dos corpos hídricos, visando suprir a crescente população. Essas estruturas atendem às múltiplas necessidades locais, como abastecimento público, geração de energia e lazer.

Atualmente, o principal reservatório do Distrito Federal é o Descoberto. Localizado na extremidade oeste do território, a estrutura fornece água para aproximadamente 60% da população local, em algumas das áreas de maior adensamento, como Taguatinga e Ceilândia.

O sistema de abastecimento situa-se na região de cabeceira do Rio Descoberto, na região administrativa de Brazlândia-DF. Além do próprio Rio Descoberto, drenam para o reservatório outros afluentes deste curso hídrico, como: Ribeirão Rodeador, Ribeirão das Pedras, Córrego Olaria, Córrego Chapadinha, entre outras contribuições de menor expressão, como nascentes e cursos d'água intermitentes.

A construção da Barragem teve início no ano de 1971, por iniciativa do Governador do Distrito Federal à época, Hélio Prates, sendo concluída em 1974. A sua capacidade de reservação com o nível d'água na cota do vertedouro é de 102.900.000 metros cúbicos, ou 102,9 hectômetros cúbicos de água.

A barragem é do tipo concreto-gravidade, com 54.000 m<sup>3</sup> de concreto em sua armação. A seção da estrutura é trapezoidal, com 33 m de altura máxima e 265 m de comprimento. Sua crista possui 3 m de largura. A barragem pode ser dividida em três seções: ombreira esquerda, com 125 metros de comprimento; ombreira direita, com 85 metros; e vertedouro central, com 55 metros. A crista encontra-se na cota 1.034m e o topo do vertedouro na cota 1.030m (CÔRREA *ET AL.*, 2002).

Ainda segundo Côrrea *et al.* (2002), no término da década de 1970, após apenas alguns anos de construção, a barragem começou a apresentar vazamentos e fissuras em sua estrutura. Como resposta, sua proprietária, a CAESB, realizou três intervenções, que se constituíram em injeções de cimento e epóxi, ao longo das décadas de 1980 e 1990, sem resultados duradouros.

Durante o curso da terceira intervenção, a CAESB constituiu uma junta de consultores, composta pelo Professor Dr. Victor de Mello, Eng. Francisco Andriolo e Eng. Walton Pacelli, visando descobrir a causa dos problemas. Análises de sedimentos, concreto e água confirmavam a presença de pirita no agregado do concreto e nas fundações. Segundo Côrrea *et al.* (2002, p. 4):

A combinação da presença deste mineral com a reatividade da água do reservatório (baixo teor de solutos) foi apontada como principal causa da degeneração da estrutura de concreto. As principais patologias observadas foram reações com pirita. A partir destas conclusões a solução indicada foi a implantação de uma barreira impermeável evitando o contato entre a água do reservatório e o maciço de concreto.

A solução adotada pela CAESB foi a de construir uma parede diafragma por furos secantes e a aplicação subaquática de manta geomembrana. Os trabalhos tiveram início em setembro de 2000 e encerraram em janeiro de 2002. A vazão total de vazamento foi significativamente reduzida: de 50 l/s para pouco mais de 2 l/s (CÔRREA *ET AL.*, 2002).

Cabe ressaltar que o objetivo inicial do projeto do reservatório do Descoberto era abastecer Ceilândia, cidade criada para abrigar moradores das invasões que se multiplicavam no DF, e incrementar o abastecimento de Taguatinga e Guará, em franca expansão populacional. Estas cidades, dentre as principais do DF, eram previamente atendidas pelo reservatório Santa Maria, no Parque Nacional de Brasília, criado em 1961 para abastecer a capital e áreas anexas.

Desde a entrada em operação do Sistema Descoberto, a área atendida experimentou elevadas taxas de crescimento populacional e urbanização, sendo a principal zona de expansão do Distrito Federal. Além disso, novas cidades satélites foram criadas e passaram a ser abastecidas pelo manancial.

No entanto, ao longo de mais de quarenta anos deste processo de aumento contínuo e acelerado do consumo das águas do Descoberto, não foram instaladas novas captações em outras fontes para compensar o acréscimo da demanda neste sistema. Apenas com o advento da crise hídrica e a iminência do desabastecimento em massa, foi instalada uma captação emergencial no Lago Paranoá, em 2017.

### 1.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO DESCOBERTO

A porção distrital da Bacia Hidrográfica do Lago Descoberto (BHLD) foi escolhida como área de estudo por abastecer a maior parte da população e ter sido atingida mais intensamente pela escassez. Sua área mede 452 km<sup>2</sup> e é responsável por 63% do abastecimento público de água do DF (GDF, 2017).

A BHLD é constituída por microbacias afluentes ao reservatório (figura 4), agrupadas em três unidades hidrológicas (U.H.): Ribeirão das Pedras – 16, Ribeirão Rodeador – 26 e Rio Descoberto – 33. Os corpos hídricos analisados no presente estudo dividem-se assim: U.H. 16 – Ribeirão das Pedras e Capão Comprido; U.H. 26 – Ribeirão Rodeador; U.H. 33 – Rio Descoberto, Córregos Chapadinha e Olaria.

Devido à seca sazonal da região, a afluência total desses cursos d'água apresenta variações significativas ao longo do ano. Conforme informações constantes no banco de dados hidrológicos da CAESB, as vazões de entrada no reservatório (afluência total) apresentam valores tão distintos quanto 19,274 m<sup>3</sup>/s (março/1994) e 0,488 m<sup>3</sup>/s (outubro/2017), esta última registrada no ápice da crise hídrica, o menor valor da série histórica, caracterizando a gravidade do evento.

Figura 4 – Bacia Hidrográfica do Lago do Descoberto e seus afluentes distritais



Fonte: elaboração própria

A BHL D está incluída na Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Descoberto (APA do Descoberto), criada pelo Decreto n.º 88.940, de sete de novembro de 1983. Abrangendo 391 km<sup>2</sup>, a unidade de conservação tem a finalidade de assegurar condições ecológicas satisfatórias aos mananciais e no Projeto Integrado de Colonização Alexandre de Gusmão (PICAG) que foi implantado com o objetivo da fixação de agricultores pelo Decreto n.º 51.517, de junho de 1962.

Segundo informações da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal - EMATER-DF (2018), a região é responsável pela produção de aproximadamente 40% dos hortifrúteis consumidos no Distrito Federal. Além disso, três áreas da Floresta Nacional de Brasília (FLONA de Brasília), criadas por Decreto presidencial de 10 de junho de 1999, somando 83,5 km<sup>2</sup>, e que foram criadas com o objetivo de constituir um cinturão verde que assegurasse a preservação dos mananciais estão incluídas na BHL D.

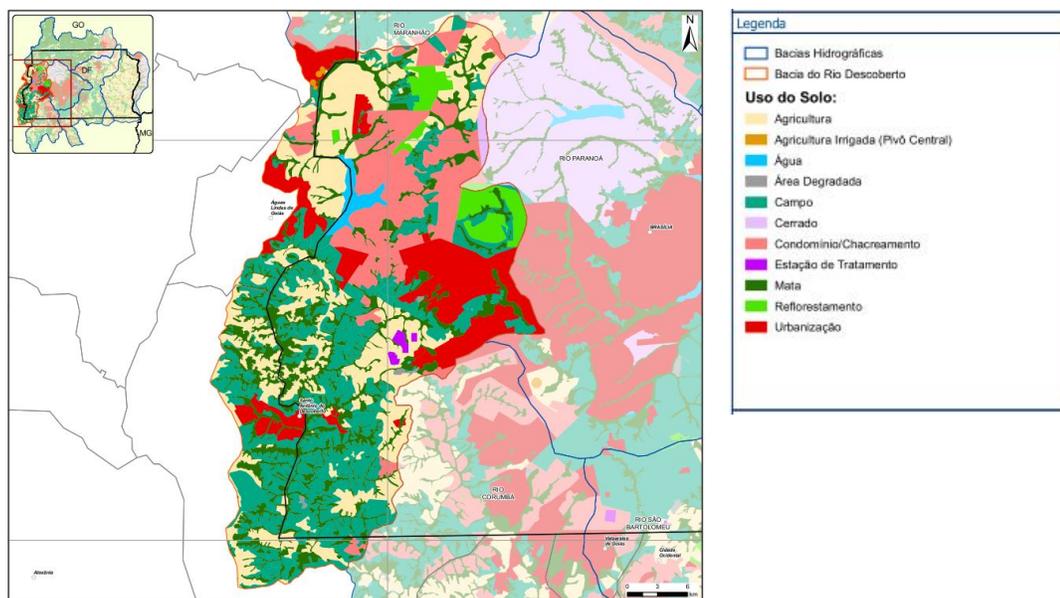
Não há indústrias ou lançamento de efluentes oriundos de estações de tratamento na área de contribuição do reservatório. As principais intervenções nos recursos hídricos da região estão relacionadas às atividades agropecuárias ou à urbanização. Dentre as interferências praticadas por esses agentes sobre os recursos hídricos da região estão: captações de água; carreamento de resíduos por meio do escoamento superficial durante as precipitações (poluição difusa), tais como: fertilizantes, agrotóxicos e matéria orgânica;

lixiviação; impermeabilização de solo (redução do coeficiente de infiltração na bacia); entre outros. Esses fatores impactam a disponibilidade hídrica da bacia, reduzindo sua disponibilidade.

Ambas atividades principais verificadas na BHL – abastecimento público e agropecuária – possuem papel estratégico para a sustentabilidade do DF e coexistem na bacia desde o início de sua ocupação e utilização. Entretanto, a expansão urbana nas áreas atendidas pelo Sistema Descoberto e o aumento da área irrigada na bacia podem comprometer a capacidade do reservatório de abastecer o Distrito Federal ao longo de estiagens severas.

Embora não seja o foco do presente estudo o exame pormenorizado dos usos de água no setor agrícola da referida bacia, tendo em vista a especificidade do tema que excederia o escopo desta obra, menciona-se que é estimado que as captações de recursos hídricos nos corpos afluentes ao reservatório para irrigação representem uma alta demanda hídrica devida ao perfil das culturas existentes na área (figura 5), que são majoritariamente olericulturas irrigada por aspersão em empreendimentos agrícolas rudimentares.

Figura 5 – Mapa de uso do solo na Bacia do Descoberto (ADASA, 2011)



Fonte: ADASA, 2011

#### 1.4 ESCASSEZ HÍDRICA E AÇÕES MITIGADORAS

Entre 2015 e 2017, o Distrito Federal experimentou alguns dos piores índices pluviométricos já registrados, agravando ainda mais o quadro hidrológico sensível do local. Em especial, o ano de 2017 foi o pior da série histórica. O problema da redução das entradas de água pela baixa pluviosidade foi percebido de forma mais aguda na Bacia do Descoberto, por ser o principal manancial do DF.

A situação de anormalidade no reservatório, que indicou o risco de escassez hídrica, foi inicialmente verificada quando, no ciclo chuvoso dos anos de 2015 e 2016, estações pluviográficas da Rede Hidrometeorológica do Distrito Federal registraram pluviosidade excepcionalmente baixa. Essa tendência se deu um ano após as graves crises hídricas enfrentadas por Minas Gerais e, principalmente, São Paulo.

Durante o triênio crítico, foram registrados consecutivamente valores de precipitação acumulada sensivelmente menores do que a média histórica na bacia do Descoberto. Em 2015, foram registrados 1230 mm de chuva; em 2016, 1152 mm; e em 2017, 948 mm, o pior da série histórica. A média histórica anual é de aproximadamente 1400 milímetros (ADASA, 2018).

A redução da pluviosidade na área de contribuição do reservatório, somada ao aumento da demanda nas áreas atendidas pelo Sistema Descoberto, por crescimento vegetativo da população ou incremento do consumo per capita, e o aumento das retiradas por usos produtivos na bacia a montante são fatores que desencadearam a crise hídrica experimentada pelo DF entre 2015 e 2017.

Em face do evento caracterizador de possível escassez hídrica, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – Adasa, emitiu um Boletim Extraordinário em maio de 2016, alertando acerca da situação atípica. Além de comprometer a recarga imediata do reservatório, as chuvas significativamente abaixo da média apontavam para vazões afluentes reduzidas na seca, o que iria acelerar a diminuição do nível dos reservatórios.

O evento trouxe ao horizonte de planejamento a possibilidade de o volume disponível no reservatório após o ciclo chuvoso para o abastecimento público não ser suficiente para atravessar a estiagem. Como medida de acompanhamento à situação dos grandes reservatórios do DF, especialmente o Descoberto, a Adasa emitiu a Resolução n. 13, de 15 de agosto de 2016.

Essa deliberação estabeleceu volumes de referência e respectivas ações de contenção em situações críticas de escassez hídrica. O ato teve como fulcro o exposto na legislação de recursos hídricos, a Lei Distrital n. 2.725, de 13 de junho de 2001, e a Lei Federal n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Essas normas preconizam que os usos prioritários devem ser garantidos em situações de escassez hídrica, ou seja, “o abastecimento humano e a dessedentação de animais”. Para resguardar esses usos, era necessário definir de antemão os critérios para a declaração do estado crítico.

Por semelhante modo, a definição de situação de escassez hídrica também seria essencial para a aplicação da tarifa de contingência (Resolução nº 17, de 07 de outubro de 2016), caso necessário, conforme o art. 46 da Lei 11.445/2007, que estabelece:

Em situação crítica de escassez ou contaminação de recursos hídricos que obrigue à adoção de racionamento, declarada pela autoridade gestora de recursos hídricos, o ente regulador poderá adotar mecanismos tarifários de contingência, com objetivo de cobrir custos adicionais decorrentes, garantindo o equilíbrio financeiro da prestação do serviço e a gestão da demanda.

Cabe aqui uma menção à situação dos usos de recursos hídricos na área de contribuição do Reservatório do Descoberto anteriormente à crise hídrica. Os usuários de água da região, composta pelas U.H. (microbacias) Rio Descoberto, Ribeirão Rodeador e Ribeirão das Pedras, já estavam tradicionalmente instalados na região. Contudo, em muitos casos não possuíam outorga de direito de uso, tampouco eram amplamente conhecidos pelo órgão gestor.

Foi com o advento da Adasa que houve a real efetivação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (art. 5º, Lei n.º 9.433/1997). Como parte dessas medidas, em busca da implantação integral do instrumento da outorga, a Agência empreendeu meios para conhecer a situação dos usos de recursos hídricos na bacia, que conta com centenas de unidades fundiárias produtivas a montante do sistema de abastecimento, entrando em eventual concorrência em situações de escassez, desencadeando o conflito pelo uso.

Para lidar com a situação de ausência de cadastro de usuários de água da região e escassez hídrica instalada, a Adasa concebeu o projeto de Compartilhamento Otimizado de Recursos Hídricos em Situações de Escassez, baseado em trabalho da Agência Nacional de Águas – ANA.

A medida consistiu, inicialmente, em buscar a regularização dos usos de recursos hídricos nas unidades hidrográficas afluentes ao reservatório por meio de campanhas de cadastramento in loco e eventos de capacitação para a eficiência hídrica, com a parceria da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal – Emater-DF. Nessas oportunidades também foram formadas as comissões de alocação, compostas principalmente por lideranças comunitárias e representantes de associações.

Ao todo, realizaram-se mais de 40 reuniões pelo projeto de alocação ao longo do triênio. Nessas oportunidades, foram firmados termos de alocação com os representantes dos usuários de água da bacia, que, em seu auge, chegou a reduzir em até 75% o volume de água captada por produtores rurais a montante do sistema de abastecimento, de forma consensual, demonstrando a capacidade conciliadora do instrumento (v. Resolução Adasa n.º 23/2017).

Porém, mesmo com a adoção de medidas como a implantação da tarifa de contingência e das alocações negociadas dentre os usos concorrentes à montante do reservatório, a situação se agravou durante o segundo ano do triênio. As baixas pluviosidades de 2015 deixaram as condições de reservação na barragem e na bacia abaixo do ideal.

Em 2016, o reservatório alcançou sua cota máxima entre março e abril, vertendo por poucos dias. Porém, mesmo tendo o reservatório atingido seu limite, com 100% de sua capacidade armazenada, a queda do nível a partir desse ponto foi constante e acentuada, levando o reservatório a atingir seu nível mínimo em meados de novembro, 19,20% do volume útil.

Deve-se destacar a relevância do comportamento do Reservatório do Descoberto em 2016, que, mesmo atingindo sua cota máxima durante o ciclo chuvoso, não foi capaz de atender plenamente a demanda de sua rede de distribuição durante o período de estiagem. Esse evento foi central ao cenário crítico enfrentado pelo Distrito Federal, sendo o motivo pelo qual medidas restritivas se fizeram necessárias.

Dentre os fatos relacionados a essa ocorrência, que deflagrou a escassez hídrica e apontou para o risco de colapso do sistema, dois se sobressaem. Primeiramente, mencione-se um eventual subdimensionamento do reservatório perante seu atual padrão de uso.

Como visto no item 1.2, o Reservatório do Descoberto foi originalmente concebido para atender as cidades de Taguatinga e Ceilândia. A mudança de finalidade no curso de sua existência, interligando diversas regiões do DF com alta densidade populacional ao sistema, ocasionou um aumento da demanda atrelada ao manancial.

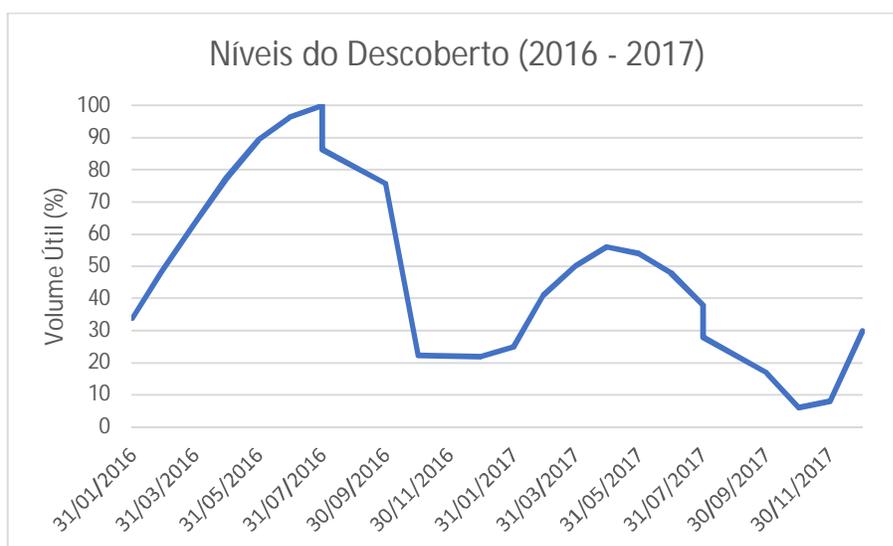
A não vinculação de outras fontes ante a alteração do uso em relação ao projeto original implicou na redução do período pelo qual o sistema seria capaz de sustentar a demanda presente e incremental ao longo dos anos. Ao que tudo indica, esse termo não foi planejado, contando-se com uma eventual entrada em carga do Sistema Corumbá, sem que se antecipasse a possibilidade de um cenário semelhante ao do triênio neste íterim.

Outro fator que influenciou o comportamento do reservatório durante o período de estiagem foi o impacto da baixa pluviosidade sobre os aquíferos que contribuem para as vazões afluentes por meio do fluxo de base na seca. As baixas descargas dos córregos tributários diminuíram as entradas do reservatório no período, que embora sejam expressivamente inferiores às do período chuvoso, mitigam a queda do nível d'água no período deficitário.

O início do ciclo chuvoso em outubro/2016 não apresentou reversão da tendência de baixa pluviosidade. A precipitação acumulada do ciclo foi insuficiente para recarregar o reservatório, que pela primeira vez desde sua criação não verteu. O DF teria de enfrentar a estiagem do ano mais árido de sua história com apenas 56% do volume útil de seu principal reservatório. Para superar a situação, foram necessárias medidas de restrição severas, como o racionamento na rede de abastecimento.

Essas ações evitaram o colapso do sistema. No entanto, o reservatório atingiu 6% de sua capacidade em 7/11/17, a menor da série (figura 6).

Figura 6 – Volume útil do Reservatório do Descoberto em 2017



Fonte: elaboração própria

## 1.5 PROBLEMA

Como visto, a estiagem impõe um problema à gestão dos recursos hídricos do Distrito Federal. A principal contingência é a interrupção da entrada de água nas bacias hidrográficas pela prolongada ausência de chuvas durante parte significativa do ano. A resolução deste problema reside em o sistema fornecer reservação suficiente em volume para suprir os diversos usos existentes, como abastecimento humano e agropecuária, durante o período seco, cuja alta variabilidade não permite antecipar sua duração.

Por um lado, é fator crítico para a resolução deste problema que se considerem a extensão e a severidade dos consecutivos ciclos chuvoso e seco. As características das precipitações do ano hidrológico, como altura (que se traduz em volume) e intensidade, determinam a disponibilidade reservada para a estiagem.

A extensão do período seco e suas condições climáticas, como vento, incidência solar e temperatura, condicionam a demanda sobre os recursos reservados. Coincide com este período de menor disponibilidade a maior demanda, tanto no sistema público de abastecimento, quanto na agricultura irrigada.

Por outro lado, o volume reservado e a manutenção dos usos na seca também dependem da capacidade dos reservatórios. Quanto maiores os volumes dos reservatórios, maior será o estoque e menor o risco de desabastecimento. Porém, se por um lado reservatórios subdimensionados aumentam o risco de desabastecimento, reservatórios superdimensionados representam perdas de recursos financeiros, solo produtivo e aumento das perdas de água por evaporação (TUCCI, 2001).

O Reservatório do Descoberto tem ciclo anual. Uma vez atingida a cota máxima do reservatório, o que costuma ocorrer anualmente, a afluência subsequente passa a escoar pelo vertedouro, deixando de ser aproveitada para abastecimento humano. O incremento da capacidade de retenção instantânea dos recursos hídricos escoados requer a ampliação de reservatórios ou a criação de novos, em um contexto fundiário cada vez mais intrincado na região e com altos custos de investimento.

Ressalte-se a importância do uso do solo na área de contribuição de reservatórios em problemas dessa espécie. Além da acumulação das águas nas estruturas antrópicas, a reservação acumulada nos aquíferos que sustentam as vazões afluentes nos corpos hídricos superficiais por meio do fluxo de base durante a estiagem exerce papel importantíssimo.

As vazões afluentes nos cursos d'água são essenciais para a manutenção dos usos durante a seca, estando diretamente relacionadas ao estado dos aquíferos subterrâneos, que dependem da infiltração da água precipitada no período chuvoso para serem recarregados.

A impermeabilização do solo pode acarretar o aumento do escoamento superficial no período chuvoso, com picos de cheia mais agudos nos corpos hídricos, ocasionando erosões e enchentes. A redução do percentual de infiltração também reduz a permanência da água na região para uso futuro mediante os cursos d'água. Ocasiona o aumento do escoamento de água para fora do DF durante o período chuvoso e a diminuição das vazões afluentes durante a estiagem, devido ao rebaixamento dos aquíferos que sustentam a descarga líquida no período seco.

O estudo das interações entre água subterrânea e superficial apresenta complexidades e incertezas que excedem o escopo deste trabalho. No entanto, é notório seu papel. Alterações não-planejadas no solo podem ocasionar prejuízos como contaminação ou sobre-exploração dos aquíferos (FETTER, 2001).

## 1.6 JUSTIFICATIVA

A escassez hídrica enfrentada pelo Distrito Federal em seu principal sistema de abastecimento, o Reservatório do Descoberto, constituiu-se na maior crise hídrica de sua história. Seu colapso implicaria no desabastecimento de aproximadamente 60% da população do Distrito Federal, mais de um milhão e quinhentas mil pessoas.

Uma vez que os principais fatores da disponibilidade hídrica, isto é, aqueles relativos à entrada de água no sistema - precipitação e vazões fluviais - são aleatórios, não é possível a previsão de seus valores no longo prazo (TUCCI, 2001). Dentro desse paradigma, a ocorrência de anos hidrológicos ainda mais graves que 2017 é provável, sem que se possa antecipá-los com grande certeza e precedência.

Essa aleatoriedade típica dos fenômenos hidrológicos gera um fator de incerteza à gestão da água, que por sua vez desencadeia um risco associado à escassez hídrica. Novos cenários hidrológicos críticos iguais ou piores que do ano de 2017, somados ao aumento da demanda hídrica nos próximos anos, devido ao crescimento demográfico, poderão acarretar prejuízos como o fechamento de escolas, comércios, empreendimentos agrícolas e outras atividades hidrodependentes, levando a depreciação da qualidade de vida e a ameaça à saúde pública, com disseminação de enfermidades.

Tendo em vista que fatores associados à disponibilidade e demanda dos recursos hídricos tendem a se desenvolver com o decurso do tempo, a possibilidade de que novas ocorrências de risco de estresse hídrico, com repercussões ainda mais graves, venham a acontecer é iminente. Isso coloca em xeque a capacidade futura do sistema Descoberto abastecer seus usuários durante as estiagens de anos hidrológicos excepcionalmente adversos.

Portanto, para compreender o estado atual do sistema, bem como projetar seu funcionamento futuro, faz-se necessário examinar as variáveis hidrológicas relacionadas à entrada e saída de água do sistema, bem como fatores relacionados à demanda hídrica da população que faz uso dessas águas por meio da rede pública de abastecimento.

Deste modo, o presente trabalho se propõe a realizar análise histórica dos dados hidrológicos do Sistema Descoberto e de seu consumo. Com esse subsídio, será possível compreender o evento crítico ocorrido no triênio e como ele se compara com o comportamento que o sistema apresentava historicamente.

Tendo em vista que a crise hídrica ocorrida foi um evento singular na série histórica hidrológica do DF, sua caracterização agrega ao conhecimento do perfil da região, bem como projeções para cenários futuros semelhantes. Isso permitirá a antecipação de medidas que permitam uma resolução efetiva, subsidiando a tomada de decisão perante tais ocorrências. De igual modo, a consideração da influência das ações antrópicas e alterações climáticas na gestão dos recursos hídricos é uma contribuição almejada.

Pretende-se, ao fim do presente trabalho, prover aos atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos, bem como à comunidade acadêmica e à sociedade do Distrito Federal, a consolidação e confirmação dos dados obtidos e utilizados no processo de gestão dos recursos hídricos, a divulgação desses dados em um universo mais amplo e demais esclarecimentos quanto ao tema.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Esta dissertação tem por fito apresentar análise histórica dos dados hidrológicos relativos ao Sistema Descoberto, relacionando-os aos dados atinentes ao consumo, para identificar a evolução do uso do reservatório ao longo dos seus anos de existência, e subsidiar o planejamento de ações futuras para enfrentamento de futuras crises semelhantes ou mais graves.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o Objetivo Geral deste trabalho será necessário:

- Analisar a série histórica dos dados hidrológicos e de consumo do Sistema Descoberto de modo a identificar padrões e tendências nas variáveis incidentes e subsidiar ações para eventos futuros de escassez hídrica.
- Pesquisar o impacto das ações antrópicas (desmatamento) na região. E mudanças climáticas
- Propor medidas de mitigação e resolução de crises em cenários adversos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Viessman e Lewis (2002) propõem que estudos com análise de dados contenham como elementos básicos a revisão do problema, que identifica elementos significativos na área de estudo; objetivos do estudo, de modo que soluções possam ser indicadas; disponibilidade e precisão dos dados, com medições *in loco*, que utilizem critérios verificáveis e sujeitem-se a consistência, para garantir que os dados sejam aceitáveis.

Dessa forma, a seleção e preparo dos dados assume papel essencial no trabalho. Possíveis fontes de erros devem ser identificadas. De igual sorte, os critérios de sintetização e correlação das variáveis de trabalho, bem como a sua forma de apresentação, são fatores críticos.

Outro aspecto é a necessidade de discretização, elegendo o menor número possível de subáreas a se abordar, de modo que o escopo do trabalho se adeque às contingências, objetivos e recursos disponíveis, ao passo que permita caracterizar o evento em análise.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho é a denominada Bacia Hidrográfica do Lago do Descoberto – BHL D (FERRIGO, 2014), em especial sua porção situada no Distrito Federal. A região é constituída pela Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, desde a Barragem do Descoberto, situada nas coordenadas  $-15.778416^{\circ}$ ;  $-48.231778^{\circ}$ , até a cabeceira da bacia. É constituída pelas microbacias do Rio Descoberto, Ribeirão Rodeador e Ribeirão das Pedras.

Como descrito na introdução, a seleção desta área de estudo se deve ao fato de ser o sistema responsável pelo abastecimento da maior parte do Distrito Federal, em torno de 60% de sua população. Outro fator que reforça a escolha desta área de estudo é o fato de que as localidades atendidas pela rede do Sistema Descoberto apresentam maior dinamismo em sua expansão urbana e demográfica.

### 3.2 ANÁLISE DE DADOS

O trabalho consistiu na análise dos dados hidrológicos de disponibilidade hídrica (oferta) do Reservatório do Descoberto e de sua bacia de contribuição, conforme tabela 2, obtidos a partir dos bancos de dados de organizações que dispõem de rede hidrometeorológica de monitoramento na área, como a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa e Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.

Tabela 2 – Dados hidrológicos referentes à área de estudo

Variável	Série Histórica (anos)
Precipitação na Barragem do Descoberto	1979 a 2018
Vazões dos afluentes do Reservatório do Descoberto	1986 a 2017
a) U.H. Descoberto	
I. Rio Descoberto	
II. Córrego Chapadinha	
III. Córrego Olaria	
b) U.H. Rodeador	
I. Ribeirão Rodeador	
c) U.H. Ribeirão das Pedras	
I. Córrego Capão Comprido	
II. Ribeirão das Pedras	
Níveis do Reservatório do Descoberto	1987 a 2017

Esses dados foram comparados aos dados de consumo de água na rede de distribuição de água tratada (demanda) dispostos na tabela 3. Essas informações são fornecidas pela Caesb e são atinentes ao contrato de concessão para prestação de serviços públicos de abastecimento.

Tabela 3: Dados referentes ao sistema de abastecimento público

Variável	Série Histórica (anos)
Vazão captada na Barragem do Descoberto	1986 a 2017
Consumo de água tratada	1995 a 2017

Além disso, foram considerados dados e estudos acerca da demografia do Distrito Federal, como os coletados por meio de Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) da Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN. Também serão utilizados estudos de projeção populacional realizados no âmbito do Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB) do Distrito Federal.

Tabela 4: Dados demográficos

Variável	Série (anos)
População do Distrito Federal (Censo)	1960 a 2010
Demografia atual das Regiões Administrativas (PDAD)	2013 a 2016
Projeção populacional (PDSB)	2016 a 2037

Os dados hidrológicos dizem respeito à oferta ou disponibilidade dos recursos hídricos. Os dados de consumo da rede, à demanda ou consumo. Esses valores serão analisados vis-à-vis para verificar sua evolução no decurso do tempo. Os dados demográficos servirão como referência acerca das dinâmicas sociais que estão por detrás do consumo e que também influenciam a oferta ao alterar as condições de uso e ocupação do solo da bacia. As projeções de crescimento populacional servirão como parâmetro para a demanda futura.

Conhecidas e quantificadas as variáveis incidentes sobre o cenário enfrentado pela região, é possível identificar padrões que apontam para possíveis causas da crise hídrica. Adicionalmente, uma pesquisa do histórico de alterações dos padrões de uso e ocupação do solo e de desmatamento em regiões de influência à área de estudo tem como objetivo estabelecer possível influência das ações antrópicas na alteração do regime de precipitação na região.

### 3.3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.3.1 Hidrologia

Ao se considerar a bacia hidrográfica de estudo como um sistema aberto, pode-se dizer que a entrada dos recursos hídricos em seu âmbito se dá por descarga pluviométrica, também chamada de precipitação ou, simplesmente, chuva, em sua área de contribuição, que será toda e qualquer porção de território que drene para seu exutório, a barragem.

A precipitação, variável preponderante para o presente estudo, tem como característica intrínseca a aleatoriedade de sua distribuição e a possível influência da ação antrópica (TUCCI, 2001; FETTER, 2001). Esse fenômeno varia consideravelmente em seus aspectos espacial e temporal (onde e quando), bem como em relação ao seu volume e intensidade (quanto e por quanto tempo). Além disso, poder-se-ia considerar outras questões, como a dimensão das gotas de chuva ou ainda aspectos qualitativos, mas tais fatores extrapolam o escopo desta obra.

Ao precipitar, a água pode penetrar no solo, o que se chama de infiltração, ou escoar superficialmente em direção aos talwegues, isto é, aos pontos mais baixos da superfície pela rede de drenagem da bacia, constituída por córregos, rios e ribeirões. A diferença entre o escoamento e a infiltração no solo perante um evento de precipitação é uma função que depende de fatores como intensidade da chuva, tipo de solo, uso e ocupação do mesmo (impermeabilização e cobertura vegetal) e declividade do terreno.

As águas que infiltram, armazenadas no subsolo, abastecem os aquíferos e podem eventualmente retornar aos corpos hídricos superficiais como fluxo de base, que são os responsáveis pela manutenção da vazão dos cursos d'água durante os meses de estiagens. As águas armazenadas no subsolo também podem ser acessadas por meio de captações subterrâneas, tais como poços artesianos, cisternas, cacimbas. Segundo Campos (2004), o uso de águas subsuperficiais tem aumentado no Distrito Federal especialmente em função do adensamento populacional em áreas não atendidas pela rede de abastecimento público.

Em bacias utilizadas para o abastecimento público, como é o caso do Descoberto, são construídos barramentos no exutório ou foz do corpo hídrico, com vistas à acumulação dos recursos hídricos que confluem para aquele ponto, sendo essa estrutura de acumulação de águas denominada reservatório. A depender da área alagável, o reservatório terá maior ou menor capacidade de armazenamento.

Por outro lado, existem as saídas ou perdas de água do sistema. No caso do reservatório, foco do presente trabalho, as duas principais são as retiradas por bombeamento, para atender à rede de abastecimento público, e a evaporação, que se dá, dentre outros fatores, especialmente a partir da incidência solar sobre o espelho d'água do reservatório, bem como pela dinâmica eólica, que carrega as partículas de vapor de água de sobre a superfície, permitindo que mais água evapore.

A evaporação assume papel relevante na hidrologia do DF, tendo em vista que durante os meses de seca, entre abril e outubro, esta taxa aumenta significativamente, devido à alta incidência solar, baixa umidade atmosférica e baixa nebulosidade.

Esses elementos, quando considerados em conjunto, durante uma dada escala temporal e na região em estudo, configuram o que se chama de balanço ou equação hidrológica, que “provê meios quantitativos de avaliar o ciclo hidrológico” (FETTER, 2001), e pode ser representada da seguinte forma:

$$\text{Entradas} = \text{Saídas} \pm \text{Mudanças de Armazenamento}$$

No caso concreto do balanço hídrico de um reservatório, a equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$S(t+1) = S(t) + q(t) - D - E(t) + P(t)$$

Onde  $S(t)$  = armazenamento no início do período estudado;  $q(t)$  = afluência no período;  $D$  = descarga operada pela prestadora de serviço de abastecimento;  $E(t)$  = evaporação;  $P(t)$  = chuva sobre o reservatório durante o período (TUCCI, 2001).

### 3.3.2 Gestão dos Recursos Hídricos

A gestão dos recursos hídricos constitui-se na aplicação dos conhecimentos hidrológicos a situações empíricas para tomadas de decisão acerca do uso da água. Essa atividade reveste-se de crescente importância, uma vez que a sociedade em constante expansão e mudança, depende da água para atividades como dessedentação, higiene, agropecuária, indústria, lazer, transporte e geração de energia elétrica (YASSUDA, 1993).

Para que essas atividades sejam mantidas, com expectativas de perpetuação e desenvolvimento, é fundamental que o planejamento e a gestão da água sejam realizados de forma precisa. Dessa maneira, a coleta de dados que descrevam a realidade presente no ambiente é um passo fundamental do processo de gestão. Esses dados devem ser transformados em informações que subsidiem as ações.

Isso se deve em especial ao fato de a água ser um bem material, limitado e com valor econômico. Sua gestão consiste em conhecer e manter o equilíbrio entre disponibilidade hídrica e demanda. Isso exige que a gestão dos recursos hídricos se baseie, primariamente, em dados. O manejo da água precisa possuir esteio empírico. Só assim é possível traçar uma estratégia efetiva. Segundo Chiavenato e Sapiro (2003, p. 41) “uma boa estratégia pode assegurar a melhor alocação dos recursos em antecipação aos movimentos, planejados ou não, dos oponentes ou às circunstâncias do ambiente”.

Loucks e Van Beek (2005, p. 18) resumem a necessidade do planejamento na gestão dos recursos hídricos da seguinte forma: “existem problemas para resolver e oportunidades para obter maiores benefícios do uso da água”. Por um lado, deve-se buscar a mitigação das consequências adversas de secas, enchentes ou degradação qualitativa. Por outro, deve-se identificar e avaliar medidas que aumentem a disponibilidade hídrica e reduzam a demanda. Isso permitirá que mais pessoas consumam água por mais tempo, considerando o crescimento demográfico futuro, e que mais riqueza seja produzida com a água.

Essa ênfase pragmática deve-se ao fato de que só se pode gerir a água que se detém ou que se espera deter em algum tempo futuro. Se as retiradas de um determinado sistema de abastecimento superarem o somatório das entradas e do armazenamento para um período estabelecido, tal sistema entrará em colapso, não mais podendo atender a demanda no futuro.

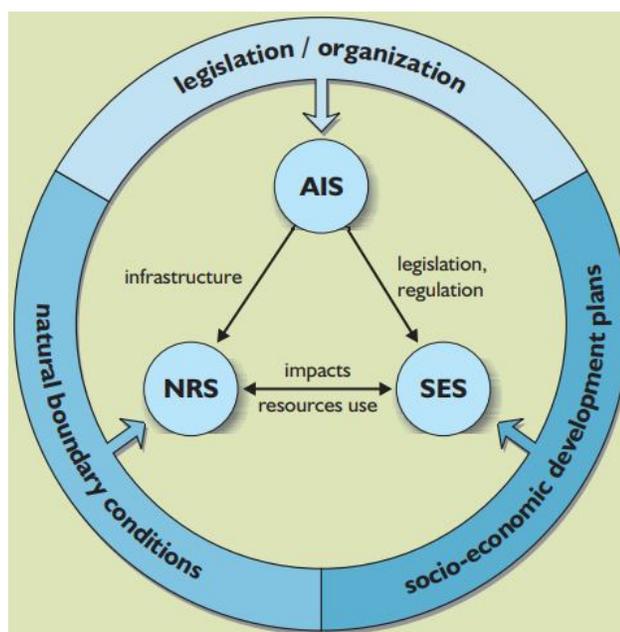
O Brasil detém 12% das reservas de água doce do mundo (ANA, 2019). Contudo, o comportamento peculiar das dinâmicas associadas aos recursos hídricos apresenta desafios à sua gestão. Loucks e Van Beek (2005, p. 19) afirmam: “a água, embora abundante, não é distribuída como gostaríamos. Frequentemente, há demais ou muito pouca, ou a que existe é muito poluída ou muito cara.” A aleatoriedade da distribuição espaçotemporal da água impõe incertezas e riscos à sociedade, que devem ser reduzidos ou eliminados.

Porém, as variáveis hidrológicas não devem ser tratadas de forma compartimentalizada e estática das demais dinâmicas que se desdobram no sistema “bacia hidrográfica”. Essa metodologia tem gerado soluções subótimas para a Gestão dos Recursos Hídricos, por ignorar as interações entre elementos de esferas distintas, ou no mínimo por potencializar a entropia na troca de informações e o concurso de decisões de diferentes atores/agentes envolvidos no problema.

Para melhor compreender esse cenário multifacetado, Loucks e Van Beek (2005) consideraram a existência concomitante de três subsistemas, conforme dispostos na figura 7, que devem ser levados em conta de forma concomitante:

- a) Subsistema natural: processos físicos, químicos e biológicos.
- b) Subsistema socioeconômico: atividades antrópicas no subsistema natural.
- c) Subsistema administrativo-institucional: decisões, planejamento e gestão (administração, legislação e regulação).

Figura 7 – Interações entre subsistemas e ambiente



Fonte: Loucks e Van Beek, 2005

Ainda segundo os autores, é igualmente importante manter em vista a crescente complexidade da sociedade. O aumento demográfico das últimas décadas tem provocado a elevação dos níveis de demanda pela água em seus múltiplos usos. Relacionado ao aumento populacional, o desenvolvimento socioeconômico tem proporcionado acesso mais amplo à água, bem como produção de mais tipos de bens de consumo em escalas cada vez maiores.

De igual modo, a produção de alimentos deve acompanhar esses números, utilizando cada vez maiores quantidades de água em irrigações para abastecer cada vez mais e maiores cidades. Isso tem contribuído para o surgimento de situações de estresse hídrico ao redor do mundo, bem como a degradação da qualidade da água.

A tendência é que essas situações se deteriorem com o passar do tempo. Crescimento populacional, mudanças no uso do solo, urbanização e migração de áreas rurais para urbanas são fatores dinâmicos e constituem-se em desafios recentes à gestão da água, demandando a adaptação de seus instrumentos.

### a) Hidrometria

Nesse sentido, constitui-se em uma tarefa basilar da Gestão de Recursos Hídricos o conhecimento da real situação de um manancial. Quanta água está armazenada? Qual a afluência? Qual a dimensão das saídas? Para que essas questões fundamentais sejam respondidas, a Hidrometria exerce papel fundamental. É ela que permite a coleta, tratamento e análise de dados relacionados à água, viabilizando, assim, seu gerenciamento.

A Hidrometria é a seção da Hidrologia que emprega técnicas e dispositivos voltados à medição das grandezas relacionadas à água no meio físico. As principais variáveis estudadas por essa ciência são descargas ou vazões, níveis de água, índices pluviométricos, entre outros. Nesse sentido, Kobiyama *et al.* (2011, p. 9) declaram o seguinte:

Como a Hidrometria é responsável pela coleta e fornecimento de dados, ela pode ser considerada a base experimental da Hidrologia, que é uma ciência natural e empírica. Enquanto os modelos são uma representação da realidade, podemos considerar os dados medidos como o mundo real.

Obviamente, o “mundo real” dos dados é apenas parcial. Isso se deve tanto à aleatoriedade da distribuição espaçotemporal dos recursos hídricos (e.g. eventos climáticos), quanto à complexidade das dinâmicas que se desdobram no ambiente (e.g. processos hidrogeológicos).

Um aspecto essencial para o conhecimento adequado do regime hidrológico da bacia é a existência de locais de observação, as estações de monitoramento. Como decorrência da variação espacial considerável das grandezas relacionadas aos recursos hídricos, é preciso que haja múltiplas estações ao longo da área da bacia hidrográfica (KOBİYAMA *ET AL.*, 2011). A conjunção de estações forma as redes de monitoramento.

Esses pontos de interesse hidrológico são situados ao longo das bacias, visando a coleta de dados relevantes para a hidrometria. Dentre os tipos de estações de monitoramento afetos à hidrometria, podem-se citar as fluviais, pluviais, sedimentométricas, climatológicas ou meteorológicas e subterrâneas. Para fins da presente obra, serão utilizados dados de estações pluviais e fluviais.

As estações fluviais são aquelas que têm como objetivo o monitoramento dos corpos hídricos superficiais, tais como: córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios. Diversos parâmetros relativos a esses corpos hídricos são registrados nessas estações, dentre eles nível

de água, vazão, perfil transversal, além de diversos parâmetros qualitativos ou sedimentométricos. No presente trabalho, serão utilizados dados de vazão e de nível de água oriundos das estações de monitoramento fluviais na bacia do Reservatório do Descoberto.

Para coletar os dados nas estações fluviais, são utilizados diversos tipos de dispositivos, como lances de réguas linimétricas; instrumentos de medição de descarga líquida, como micromolinete fluviométrico e medidor de vazão acústico *doppler*; sensores; *dataloggers*; entre outros. Essas estações localizam-se às margens ou nas proximidades dos corpos hídricos, tendo como prioridade exutórios de bacias, mananciais e locais onde os recursos hídricos necessitem de monitoramento, como regiões sujeitas a eventos críticos, como secas e enchentes.

As estações pluviais, por sua vez, têm o objetivo de coletar dados pluviométricos, isto é, de chuva. Os equipamentos envolvidos na medição da precipitação são o pluviômetro ou o pluviógrafo. Os pluviômetros armazenam a água da chuva, para posterior medição por um observador. O pluviógrafo, por sua vez, coleta e registra automaticamente as medições (Kobiyama *et al.*, 2011).

As grandezas típicas da medição de precipitações são a altura pluviométrica, a intensidade de precipitação e a duração. Altura é lâmina precipitada sobre uma área, expressa em milímetros. A pluviosidade de 1 milímetro equivale ao volume de 1 litro de água que se acumulou sobre uma superfície de área igual a 1 metro quadrado. Intensidade é a relação entre altura pluviométrica e duração da precipitação expressa, geralmente em milímetro/hora ou milímetro/minuto. Duração é o período entre início e término da precipitação.

Enquanto pluviômetros registram a altura precipitada diária, pluviógrafos permitem discretizações horárias ou até menores, o que é importante para a determinação da intensidade da precipitação e de sua distribuição temporal. Isso permite o estudo da relação intensidade-duração-frequência. Segundo Pruski *et al.* (2006), “a equação de intensidade, duração e frequência (IDF), também conhecida como equação de chuvas intensas, é a principal forma de caracterizar a relação dessas grandezas”. Isso permite a determinação de eventos críticos e tempos de recorrência, essenciais em projetos de drenagem e estudos de eventos climáticos críticos, como enchentes.

A densidade e a dispersão das estações hidrometeorológicas dentro das bacias é um fator crucial. Segundo Rodrigues (2002), quanto melhor a distribuição espacial desses pontos de monitoramento e a qualidade dos dados fornecidos, melhor será o conhecimento da área de estudo. Quanto maior o número de pontos de monitoramento, maior será a capacidade de captar as variações espaciais e temporais das chuvas, por exemplo.

Além da distribuição das estações, para a obtenção de dados que reflitam significativamente a realidade de uma bacia é preciso tempo, ou seja, não apenas que essas estações sejam instaladas, mas que permaneçam em operação adequada. São necessários anos ou décadas de dados frequentes e consolidados para que se possam realizar análises efetivas. Rodrigues (2002, p. 3) afirma que “o clima e o regime hidrológico somente são conhecidos se dispusermos de um histórico de séries de dados hidrometeorológicos observados na região. Isto não se consegue de imediato”.

Em tempos idos, a Hidrometria dispunha de dados com espaçamento temporal dilatado, devido aos instrumentos e técnicas disponíveis. O uso de pluviômetros e régua linimétricas demandava que um observador fosse até a estação de monitoramento, muitas vezes em locais ermos, e fizesse a leitura. Por sua vez, essas informações só estariam disponíveis quando as cadernetas, com as inscrições das leituras dos observadores da bacia, fossem entregues e seus dados consolidados e tabulados.

Ibiapina *et al.* (1999) registram que o monitoramento hidrológico teve início no Brasil há mais de cem anos, para fins hidrelétricos. A criação de entidades e órgãos ligados ao monitoramento hidrológico também contribuiu nesse processo. No início do século 20, DNOCS – Departamento Nacional de Obras contra as Secas e INMET – Instituto Nacional de Meteorologia começaram a instalação de suas redes de estações.

A princípio, havia apenas estações pluviométricas e com baixa densidade de pontos de medição. Posteriormente, começaram a ser medidos níveis e vazões e realizados levantamentos topográficos e outros estudos para demonstrar a capacidade hidráulica do corpo hídrico. Assim, a Hidrometria foi se desenvolvendo metodologicamente e quantitativamente.

Contudo, para fazer frente a contingências e crescente complexidade relacionadas à gestão da água, tecnologias têm sido desenvolvidas no campo da Hidrometria ao longo dos anos. A década de 1980 trouxe consigo a expansão da informática, das telecomunicações e suas aplicações. Isso possibilitou a automação das redes de monitoramento hidrometeorológico.

O emprego de Plataformas de Coleta de Dados – PCD representou avanço considerável. Esses conjuntos de equipamentos ficam instalados no ponto de medição, em campo. As medições são realizadas automaticamente por meio de sensores posicionados no meio ambiente e conectados a computadores, que abrigam programas com parâmetros de medição e memória para armazenar os dados. Segundo Kobiyama *et al.* (2011, p. 200):

As estações realizam leituras por meio de sinais elétricos, os quais são posteriormente equacionados pelo seu próprio microprocessador, gerando parâmetros, tais como: nível, precipitação, tensão[...]

A possibilidade de dados serem coletados e armazenados automaticamente permite melhorias significativas, como: maior precisão nas medições, redução de erros humanos, a capacidade de instalar equipamentos em locais onde não há observador, entre outros fatores. No entanto, uma outra tecnologia associada às PCDs tem se tornado um fator crítico no progresso da Hidrometria: a telemetria, assim definida por Kobiyama *et al.* (2011, p. 200):

Para transmissão dos dados do monitoramento automático utiliza-se a técnica da telemetria, que geralmente está relacionada com a transmissão dos dados das estações sem a utilização de fios (via celular, via satélite ou via rádio).

A utilização de soluções de tecnologia da informação e telecomunicações aplicadas aos recursos hídricos tem melhorado os processos de coleta, armazenamento e transmissão de dados hidrológicos. Isso possibilita análises mais precisas desses dados e em uma escala temporal mais apropriada aos eventos hidrológicos monitorados e estudados, especialmente eventos críticos.

Segundo Rodrigues (2002, p. 20), a modernização aplicada à Hidrometria tem proporcionado diversos benefícios. O autor elenca os seguintes:

[...] melhorar a rede existente com um número maior de informações por dia; melhorar a qualidade dos dados; permitir a avaliação “instantânea” da disponibilidade hídrica; melhorar a avaliação do potencial energético; permitir a realização de balanço hídrico em tempo “quase real”; melhorar o controle dos recursos hídricos; e disponibilizar dados mais atualizados para a sociedade.

## b) Monitoramento dos Recursos Hídricos

Algumas das primeiras disposições legais acerca do dever de monitorar os recursos hídricos no Brasil podem ser encontradas no antigo Código de Águas (Decreto 24.643/1934) e no Decreto 41.019/1957. Esta norma, regulamentando os serviços de energia elétrica, estabeleceu aos concessionários a obrigação de “construir e manter nas proximidades da usina, onde for determinado pela Divisão de Águas, as instalações necessárias para observações fluviométricas e medições de descarga do curso d’água utilizado [...]” (art. 104, item “d”).

Por se tratar de recurso natural, limitado, essencial à vida humana, dotado de valor econômico e livremente disponível no meio físico, o poder constituinte caracterizou a água como bem público de uso comum, sob tutela estatal. Na Constituição Federal de 1988, ficou determinado que parte das águas contidas no território brasileiro pertence à União e parte, aos Estados e DF (art. 20, III e art. 26, I, respectivamente):

São bens da União [...] os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

Incluem-se entre os bens dos Estados: as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

A dominialidade pública da água requer que União, Estados e Distrito Federal (que detém as competências de Estado) possuam arranjos institucionais que viabilizem a gestão de seus recursos hídricos, que, como visto acima, depende de dados hidrológicos obtidos a partir do monitoramento das águas pertencentes ao ente federativo.

Para dar efetividade às disposições constitucionais acerca dos recursos hídricos, as entidades da federação passaram a criar legislações em suas esferas de competência, estabelecendo o modelo de gestão a ser implementado. Citem-se a Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos); e a Lei Distrital n. 2.725, de 13 de junho de 2001 (Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal).

O diploma distrital supracitado estabelece diretrizes do monitoramento das águas de domínio do DF. O art. 22 da legislação declara o seguinte:

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal abrange atividades de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação de dados e difusão de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

Para implementar as disposições de sua Política de Recursos Hídricos, o Distrito Federal criou, por meio da Lei Distrital n. 4.285, de 26 de dezembro de 2008, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA. A legislação atribui à ADASA a competência de gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, obtendo seus dados por meio da Rede Hidrometeorológica do Distrito Federal (RHDF).

O artigo 8º, inciso XIV, da Lei Distrital n. 4.285/2008 estabelece que:

[...] compete à Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA, especificamente no que diz respeito a recursos hídricos de domínio do Distrito Federal [...] instalar, operar e manter a rede hidrometeorológica do Distrito Federal, promover e coordenar suas atividades, em harmonia e cooperação com os órgãos e entidades públicas e privadas que a compõem ou a utilizem, e integrá-la à rede hidrometeorológica nacional.

Atualmente, a RHDF conta com 71 estações que monitoram a qualidade de rios, lagos e reservatórios, e 57 estações de quantidade, responsáveis pelo monitoramento da precipitação acumulada e nível dos corpos hídricos, convertidos em vazão por curva-chave. Dentre as estações, 16 são telemétricas (transmitem dos dados em tempo real), 28 são automáticas convencionais (registram os dados automaticamente, mas não realizam a transmissão) e 27 são manuais, onde medições são realizadas com instrumento operado por técnico.

Para dar cumprimento às disposições legais, a ADASA inaugurou em 2017 o portal do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal (<http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/index.html>), onde é possível visualizar dados coletados na RHDF, bem como acessar gráficos e painéis que demonstram a situação dos corpos hídricos monitorados.

Existem em operação na região outras redes de monitoramento. Para fins da presente obra, uma das principais a ser considerada é a da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - Caesb, concessionária de tratamento, distribuição de água e saneamento do DF, cujo foco são os mananciais de abastecimento. A rede de monitoramento da Caesb possui as séries históricas mais antigas do DF, remontando ao início da década 1970.

Além de serem duas das maiores redes operando no território do Distrito Federal em termos de abrangência de pontos de monitoramento e volume de dados, a RHDF e a rede da Caesb encontram na área de interesse específico deste estudo, a Bacia Hidrográfica do Reservatório do Descoberto, um importante ponto de intercessão. Com isso, há presença satisfatória de estações na área.

Porém, para que o monitoramento da bacia seja adequado, também é necessário o conhecimento amplo de suas características, que excedem o campo hidrológico. Segundo Oliveira e Canellas (1999, apud Rodrigues, 2002, p. 3):

[...] o conhecimento de uma bacia hidrográfica só é possível desenvolvendo-se estudos topográficos, geológicos, climáticos, socioeconômicos, ambientais e hidrológicos. A topografia, geologia, vegetação, condições ambientais e socioeconômicas podem ser conhecidas com um estudo físico da área e um acompanhamento futuro de possíveis mudanças.

### c) Distribuição da Água

Um bom sistema de aquisição de dados, formado por uma rede de postos hidrometeorológicos operada de forma eficiente e contínua, é essencial à gestão dos recursos hídricos. Com base nesses dados são emitidas outorgas de direito de uso, instrumento para a distribuição da água. É necessário conhecer o potencial hídrico das bacias hidrográficas para que se mantenha o equilíbrio entre oferta e demanda (OLIVEIRA E CANELLAS, 1999).

Segundo a Lei n. 9433/1997, a outorga é o instrumento de gestão pelo qual a água é distribuída entre seus usuários. O diploma legal estabelece no art. 11: “O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”.

Para tanto, o gestor precisa conhecer o regime hidrológico do manancial, em especial sua disponibilidade hídrica. Por semelhante modo, deve conhecer todos os usos de água presentes na bacia. A credibilidade do sistema de outorgas do ente federativo é essencial para evitar situações de estresse hídrico e o desencadeamento de conflitos.

Empreendimentos que necessitam de recursos hídricos se apropriarão de parcelas dessa disponibilidade de água existente no corpo hídrico para suas atividades. Somente com o levantamento preciso da disponibilidade hídrica de um manancial ao longo do ano é possível se definir o montante de água a ser dividido entre os usuários pelo poder outorgante, que no Distrito Federal é a ADASA.

A emissão desses atos se dá mediante análise dos pedidos de outorga e verificação de existência disponibilidade (KELMAN, 2000). São considerados fatores como área da propriedade, tipos de uso de água, vazão a ser captada, entre outros. As outorgas emitidas devem visar o equilíbrio entre as demandas dos diversos usuários e a disponibilidade da bacia, com vistas a evitar conflitos pelo uso da água. Além disso, deve-se manter uma vazão mínima no corpo hídrico, para atender as demandas ambientais do sistema.

Para que essa distribuição dos direitos de acesso à água por meio das outorgas seja efetiva, é necessário que o gestor dos recursos hídricos disponha de uma série histórica de dados hidrológicos coletados nas estações fluviométricas e pluviométricas da bacia. Esses dados devem ser precisos e as séries, extensas. A partir desses dados será possível encontrar as vazões de referência para a concessão dos atos de outorga, com um risco pré-fixado.

Para Sugai *et al.* (1998), a distribuição da água carece de uma rede hidrometeorológica extensa, que monitore não apenas rios de médio e grande porte, mas também os de pequeno porte, com alta densidade de usuários. O Distrito Federal enquadra-se nesse cenário. Seus corpos hídricos são, em sua grande maioria, de pequeno porte, sofrendo severa redução de vazões no período seco. Essas bacias encontram-se urbanizadas ou com intensa atividade agrícola, potencializando a ocorrência de conflitos pelo uso da água.

A outorga busca viabilizar o acesso à água. Tendo em vista que é impossível determinar a quantia exata de disponibilidade hídrica nas bacias, esses instrumentos sempre estarão sujeitos às variabilidades do sistema, bem como a outros elementos de incerteza. Caso as outorgas estejam superestimadas, pode haver constantes restrições de acesso à água em casos de escassez.

No Distrito Federal, as vazões de referência para concessão de outorgas encontram-se no Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH. Para calcular essas vazões, foram considerados os parâmetros previstos na Resolução ADASA n. 350/2006.

Segundo o Relatório Síntese do PGIRH, a metodologia usada no DF é a seguinte (ADASA, 2011, p. 26):

a vazão outorgável é a vazão equivalente a 80% da média das mínimas mensais (para cada mês), podendo atingir até 90% quando é destinada ao abastecimento humano

Por semelhante modo, o PGIRH estabeleceu as vazões de referência das bacias hidrográficas do DF. Para tanto, emprega os conceitos de vazão natural, obtida com a retirada do efeito antrópico, e vazões medidas ou estimadas. Esses valores são utilizados como base para determinação das vazões outorgadas, conforme pode ser visto na tabela 5 (ADASA, 2011, p. 27). Os diferentes tipos de vazão representam as formas de aproximação estatística da descarga para fins de gestão, com diferentes margens de risco.

Tabela 5 – Vazões de referência para emissão de outorga

Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>MLT</sub> (L/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>mês, 10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>7,10</sub> (L/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>90</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>90</sub> (L/s/km <sup>2</sup> )
<b>Descoberto</b>	1.098,00	19,37	17,64	6,80	6,12	5,57	9,79	8,91
<b>Paranoá*</b>	1.055,00	19,58	18,56	5,43	4,88	4,63	9,46	8,97
<b>São Bartolomeu</b>	2.963,00	47,74	16,11	13,85	12,47	4,21	20,56	6,94
<b>Corumbá</b>	842,00	17,17	20,40	4,48	4,03	4,79	7,20	8,55
<b>São Marcos</b>	104,00	1,64	15,81	0,24	0,21	2,04	0,45	4,33
<b>Maranhão</b>	1.926,00	34,07	17,69	8,54	7,68	3,99	11,92	6,19
<b>Preto</b>	1.832,00	28,01	15,29	5,13	4,62	2,52	10,19	5,56
<b>Totais e médias</b>	<b>8.765,00</b>	<b>148,01</b>	<b>16,89</b>	<b>39,03</b>	<b>35,13</b>	<b>4,01</b>	<b>60,11</b>	<b>6,86</b>

Q<sub>MLT</sub> = Vazão Média de Longo Termo; Q<sub>mês, 10</sub> = Vazão mínima mensal com retorno de 10 anos; Q<sub>7, 10</sub> = vazão mínima da sete dias e dez anos de tempo de retorno; Q<sub>90</sub> = vazão com noventa por cento de permanência ao longo do tempo

## 4 RESULTADOS

Os dados coletados a partir dos bancos de dados citados no Capítulo 3 – Materiais e Métodos foram submetidos à análise prévia para identificação de inconsistências. Foram procuradas falhas como ausências de dados para determinados períodos ou valores atípicos. Uma vez que não foram identificadas falhas dessa espécie, provavelmente em razão de as instituições gestoras dos bancos de dados realizarem sua consistência, passou-se à fase de plotagem em forma de gráficos, para permitir sua visualização, análise e interpretação.

### 4.1 DADOS HIDROLÓGICOS

Considerando a bacia hidrográfica como um sistema aberto (LOUCKS E VAN BEEK, 2005), serão analisados os dados a partir de sua entrada na BHL D, o que se dá pelas precipitações. Em seguida, serão abordadas as vazões dos corpos hídricos distritais afluentes ao Reservatório do Descoberto, para identificar seu comportamento hidrológico. Por fim, o cenário do sistema será avaliado à luz do comportamento do reservatório, pela análise de sua série histórica de níveis.

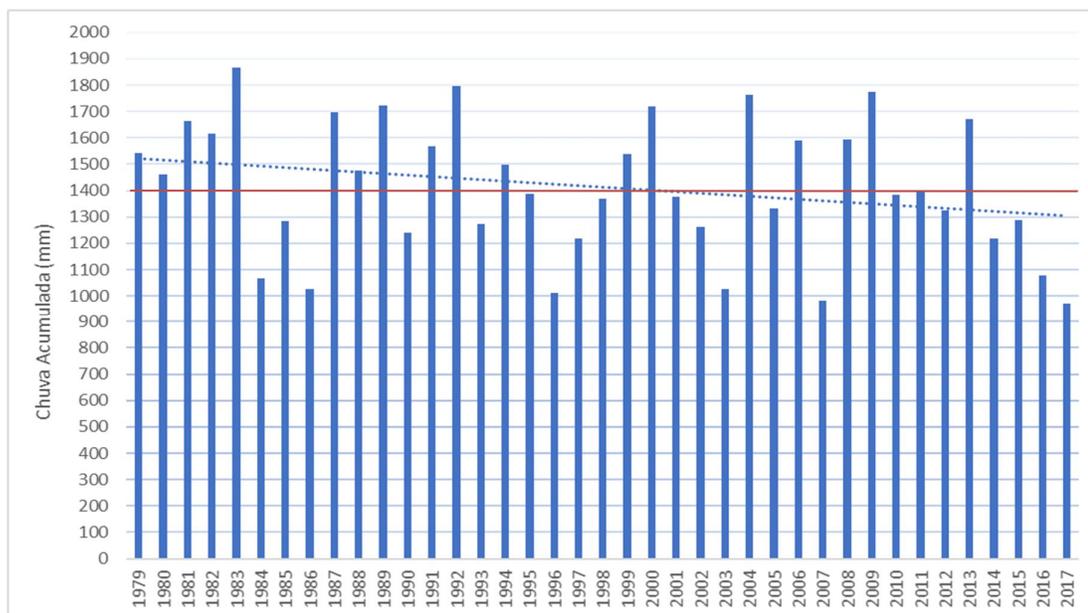
#### a) Precipitações

O gráfico disposto na figura 8 apresenta a precipitação acumulada anual na região do Reservatório do Descoberto, entre os anos de 1979 e 2017. Como se pode notar, seu perfil é relativamente senoidal, alternando períodos hidrológicos com maior e menor pluviosidade.

A média histórica de chuva anual na região da BHL D, sinalizada por uma linha vermelha, é de 1409,9 mm. A maior pluviosidade registrada foi no ano de 1983, de 1867 mm. A menor pluviosidade foi a de 2017 – ápice da crise hídrica –, com 970,8 mm, cerca de 440 mm abaixo da média. Portanto, a precipitação de 2017 correspondeu a 68,85% da média.

Ao se traçar uma linha de tendência sobre o gráfico, é possível visualizar com mais clareza o padrão de redução da pluviosidade ao longo do tempo. Durante o período da série histórica plotada, a diferença entre os valores verificados nos pontos inicial e final da reta tendencial representa uma redução de mais de 200 mm da precipitação no decurso de 38 anos. Uma redução de mais de 5 mm por ano, ou 50 mm por década.

Figura 8 – Precipitação anual com linhas de média (vermelha) e tendência (pontilhada) – Descoberto



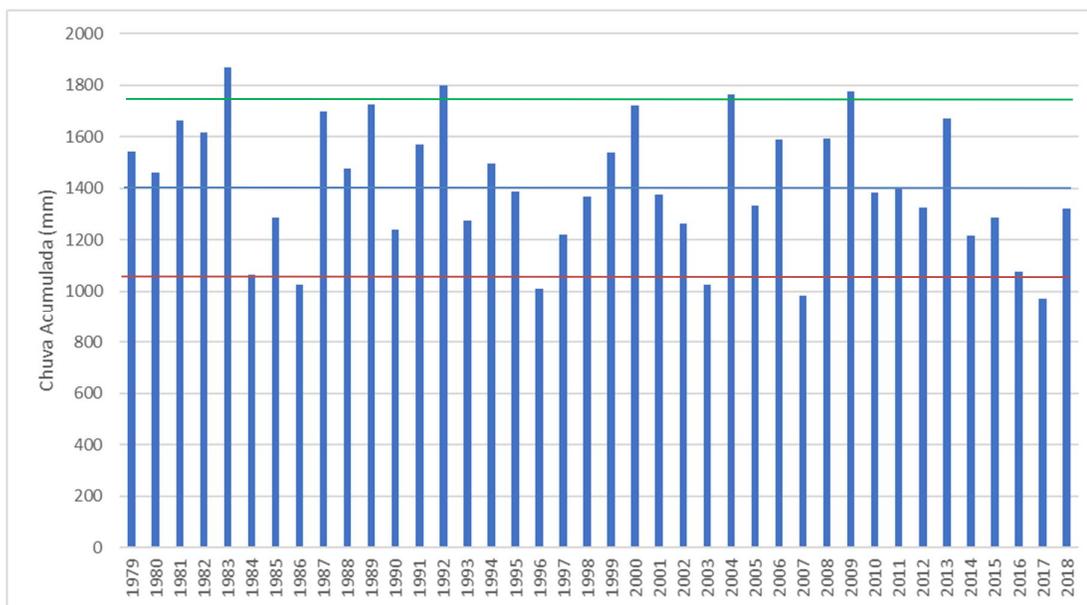
Fonte: elaboração própria

Outra forma de analisar os dados de chuva anual para fins de gestão dos recursos hídricos da BHL D foi categorizando os períodos em quadrantes que permitam avaliá-los, como se vê na figura 9. Para tanto, foi adotada uma escala temporal de comparação por decênio, representada por linhas verticais no gráfico.

Em seguida, foram estabelecidos parâmetros de comparação quantitativa da incidência das categorias de anos hidrológicos por década. A média foi adotada como referência central. Para categorizar os anos, foram ainda estabelecidas retas referentes a 125% (em verde) e 75% (em vermelho) da média.

Os anos hidrológicos situados entre a linha vermelha e a amarela são considerados de baixa pluviosidade (BP). Os anos situados entre a linha amarela e a verde, de alta pluviosidade (AP). Os anos situados acima da linha verde e abaixo da vermelha são anos de pluviosidade excepcionalmente alta (PEA) ou baixa (PEB), respectivamente.

Figura 9 – Precipitação anual com linhas de 75% e 125% da média



Fonte: elaboração própria

Para facilitar a visualização dos resultados da discretização adotada, foi elaborada a tabela 6, com os quantitativos de anos em cada um dos quadrantes, divididos em década:

Tabela 6 – Classificação das pluviocidades anuais por década

	PEA	PA	PB	PEB
1979 – 1988	1	6	2	1
1989 – 1998	1	3	4	1
1999 – 2008	1	4	3	2
2009 – 2017	1	1	7	1

A análise de frequência da incidência dos tipos de anos hidrológicos acima permite identificar uma mudança do padrão de pluviosidade no decurso do tempo. Primeiramente, deve-se notar que os anos excepcionais (PEA e PEB) mantiveram-se relativamente estáveis. Foi identificado um ano PEA e um PEB por década, à exceção do decênio 1999 – 2008 com dois anos PEB.

As principais mudanças foram notadas nos anos de PA e PB. O primeiro decênio da série registrou seis PA e dois PB, demonstrando a maior concentração de anos na faixa superior do espectro. No segundo decênio da série, a distribuição nas classes centrais da tabela ficou mais equilibrada. O padrão foi mantido no terceiro decênio, com diferença mínima em relação ao anterior, mas já significativa em comparação ao primeiro, com o deslocamento de três anos hidrológicos para a faixa inferior da escala. No último decênio, a tendência em relação ao primeiro se inverte, com sete anos PB.

Considerando-se as classificações abaixo da média (PB e PEB), tem-se ao longo dos decênios o aumento de anos com precipitações nessas faixas, respectivamente: 3, 5, 5, e 8. A tendência de redução das pluviosidades anuais se torna ainda mais evidente no último decênio da série histórica. Apenas dois anos se situaram na faixa acima da média, sendo um PEA e um PA. Comparado ao primeiro decênio (1979 – 1988), o período vigente caracteriza-se como hidrologicamente crítico para os padrões da região.

Além disso, devem-se considerar não apenas os quantitativos totais, mas também a sucessão dos anos. Em cada decênio anterior ocorreu uma conjunção de anos consecutivos de pluviosidade abaixo da média: 1984 – 1986; 1996 – 1998; 2001 – 2003. Porém, o fenômeno registrado no decênio em curso se distingue dos anteriores, tanto em extensão quanto em intensidade.

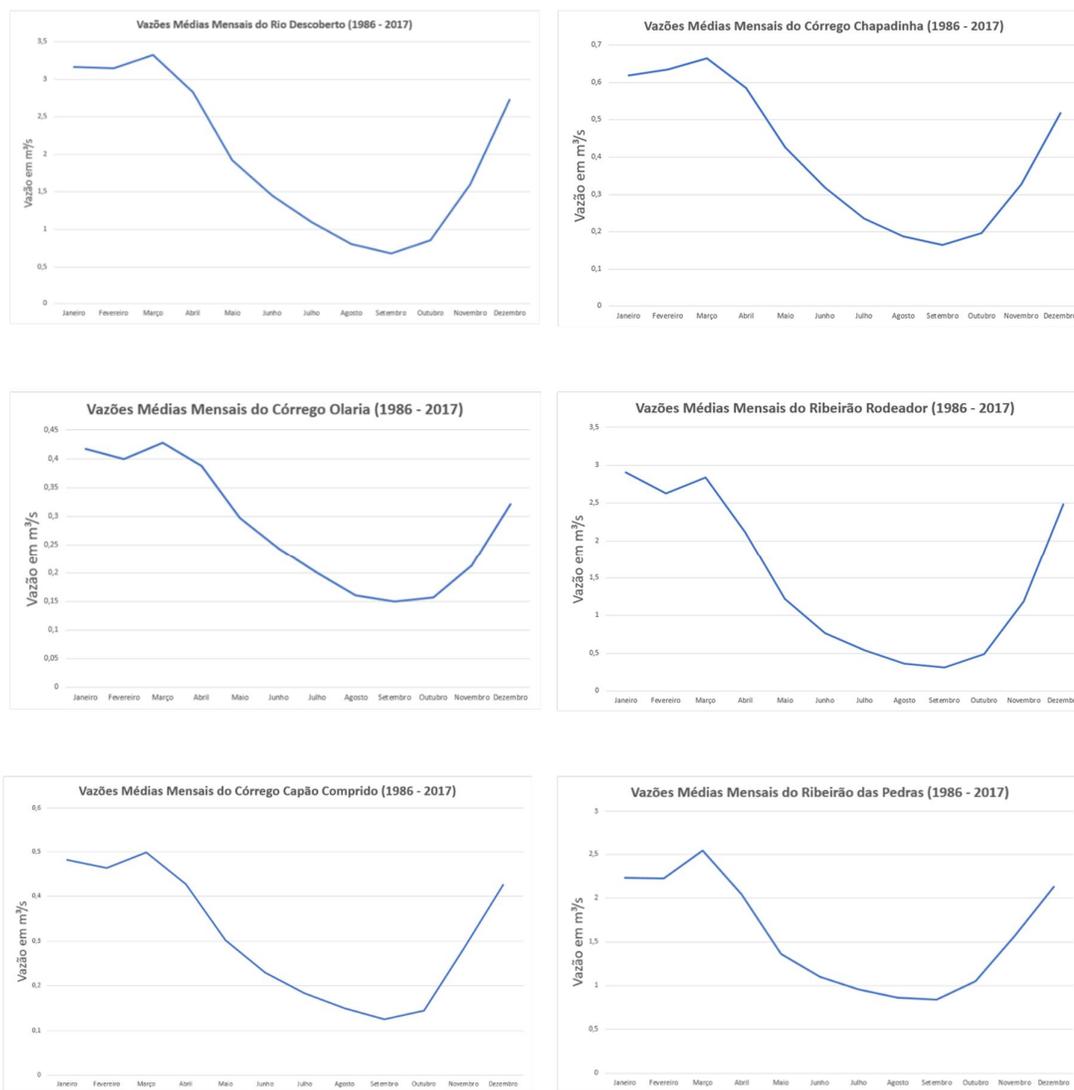
O triênio da crise hídrica foi caracterizado, além dos três anos secos consecutivos como os decênios anteriores, por quatro anos de baixa pluviosidade. Além disso, a partir de 2015 os valores registrados foram cada vez menores, sendo 2017 o pior já registrado. Esse padrão de anos secos consecutivos impacta a recarga de reservatórios e aquíferos, com efeitos cumulativos. Considere-se ainda que a demanda e as condições de interceptação hídrica atuais da bacia são menos favoráveis, o que será demonstrado a seguir.

#### b) Vazões

Para análise das descargas líquidas apresentadas pelos corpos hídricos distritais afluentes ao Reservatório do Descoberto, primeiramente serão apresentadas as curvas de vazões médias mensais de cada um dos tributários, para caracterização de seu perfil hidrológico típico. Em seguida, são feitas análises comparativas entre as vazões históricas e as vazões registradas nos anos críticos.

Como se pode verificar nos gráficos da figura 10, todos os corpos hídricos afluentes ao reservatório apresentam comportamento hidrológico semelhante. Seu perfil senoidal é caracterizado por um ciclo anual, formado por uma crista e um vale, correspondente aos ápices dos períodos chuvoso e seco. Via de regra, as maiores vazões são verificadas em março e as menores, em setembro.

Figura 10 – Perfis médios dos afluentes distritais



Fonte: elaboração própria

Dessa maneira, a hidrologia dos afluentes acompanha o perfil de pluviosidade da região, demonstrando a correlação entre essas variáveis. A principal distinção entre os perfis médios dos afluentes visualizados acima consiste na amplitude da onda, correspondente à diferença entre os pontos críticos.

$$\Delta = Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}$$

Onde  $\Delta$  é a diferença entre a vazão anual máxima ( $Q_{\text{máx}}$ ) e a vazão anual mínima ( $Q_{\text{mín}}$ ). Esse valor corresponde à amplitude da curva de vazões médias mensais.

Na análise dos dados de descarga, é importante se considerar os valores das vazões medidas, comparadas aos mesmos períodos de outros anos hidrológicos. Porém, alterações na amplitude da onda podem significar mudança relevante no perfil da bacia hidrográfica, como alterações no solo ou no uso da água.

Para facilitar a análise paramétrica, foram calculados seus valores a partir dos dados de vazões médias mensais utilizados na elaboração dos gráficos, conforme a tabela abaixo:

Tabela 7 – Diferença entre as vazões máxima e mínima anual

Afluente	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>mín</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Δ	Δ%
Rio Descoberto	3,319938	0,6829063	2,6370317	79,43015
Córrego Chapadinha	0,664719	0,16525	0,499469	75,13987
Córrego Olaria	0,428188	0,150125	0,278063	64,93947
Ribeirão Rodeador	2,836344	0,311156	2,525188	89,02968
Córrego Capão Comprido	0,497969	0,125	0,372969	74,89804
Ribeirão das Pedras	2,536875	0,8395	1,697375	66,90811

Δ: Amplitude entre vazão máxima e vazão mínima; Δ%: amplitude percentual, em que vazão máxima = 100%

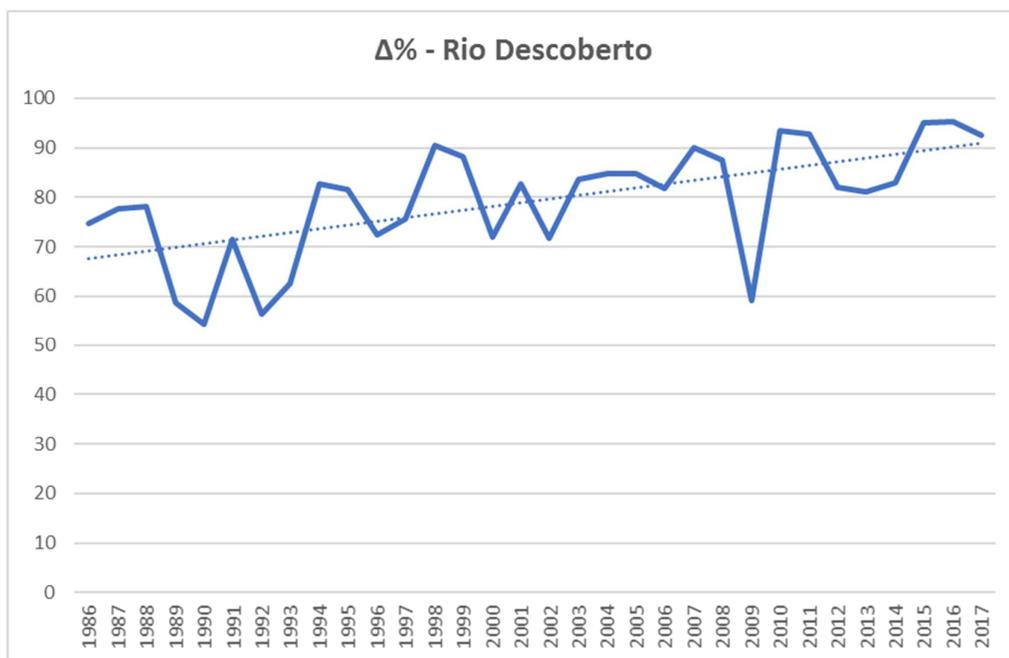
A tabela 7 demonstra que as microbacias afluentes ao reservatório apresentam comportamento médio de redução das vazões ao longo do ano entre aproximadamente 65% e 89%. Isso demonstra o contraste existente entre o período chuvoso e o seco em relação à disponibilidade hídrica na área de contribuição do sistema.

O corpo hídrico que apresenta a maior diferença entre valores máximo e mínimo é o Ribeirão Rodeador. Além das características intrínsecas à microbacia, outro fator que pode explicar essa alta amplitude sejam as retiradas por meio de captações na calha do ribeirão. O Rodeador é uma das regiões com a maior produção agrícola do DF, em especial a horticultura irrigada, com demandas hídricas elevadas no período de estiagem.

Ao se comparar as microbacias do Rodeador e do Pedras, pode se notar uma diferença significativa entre suas amplitudes. O Ribeirão das Pedras apresenta um Δ% significativamente menor. Isso significa que esta unidade hidrográfica apresenta maior capacidade de retenção dos recursos hídricos oriundos do período chuvoso durante a estiagem. Fatores que justificam essa diferença são a menor quantidade de produtores rurais e a extensa área de unidade de conservação (Floresta Nacional), o que impede a urbanização e a consequente impermeabilização do solo.

Outra microbacia com percentual elevado de amplitude é a do Rio Descoberto. Além de apresentar área irrigada significativa, inclusive com pivôs centrais, ela abriga a área urbana de Brazlândia. Conforme ilustra a figura 11, a evolução do  $\Delta\%$  ao longo dos anos denota uma alteração no padrão de comportamento do corpo hídrico. A linha de tendência mostra uma alteração na ordem de 20% a mais de diferença entre vazões máximas e mínimas. Esta microbacia é uma das que mais sofre com a urbanização irregular.

Figura 11 – Valores de amplitude dos ciclos anuais do Rio Descoberto

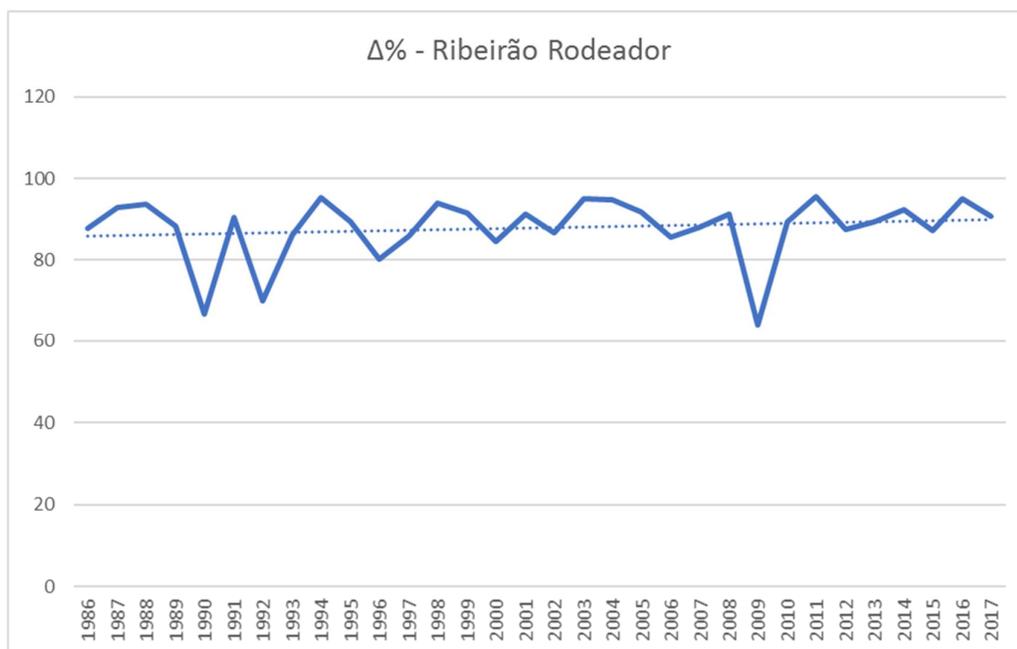


Fonte: elaboração própria

A figura 12 demonstra a evolução da diferença entre máximas e mínimas ao longo do tempo no Ribeirão Rodeador. Seu padrão é alto, chegando com frequência a valores superiores a 90%, tendo em vista abrigar um importante núcleo rural que pratica horticultura irrigada na seca.

Porém, é interessante notar que a linha tendencial indica uma estabilidade nesse padrão ao longo do tempo. Isso denota que as dinâmicas que influenciam sobre as diferenças da distribuição da água durante o ano na microbacia não têm sofrido mudanças.

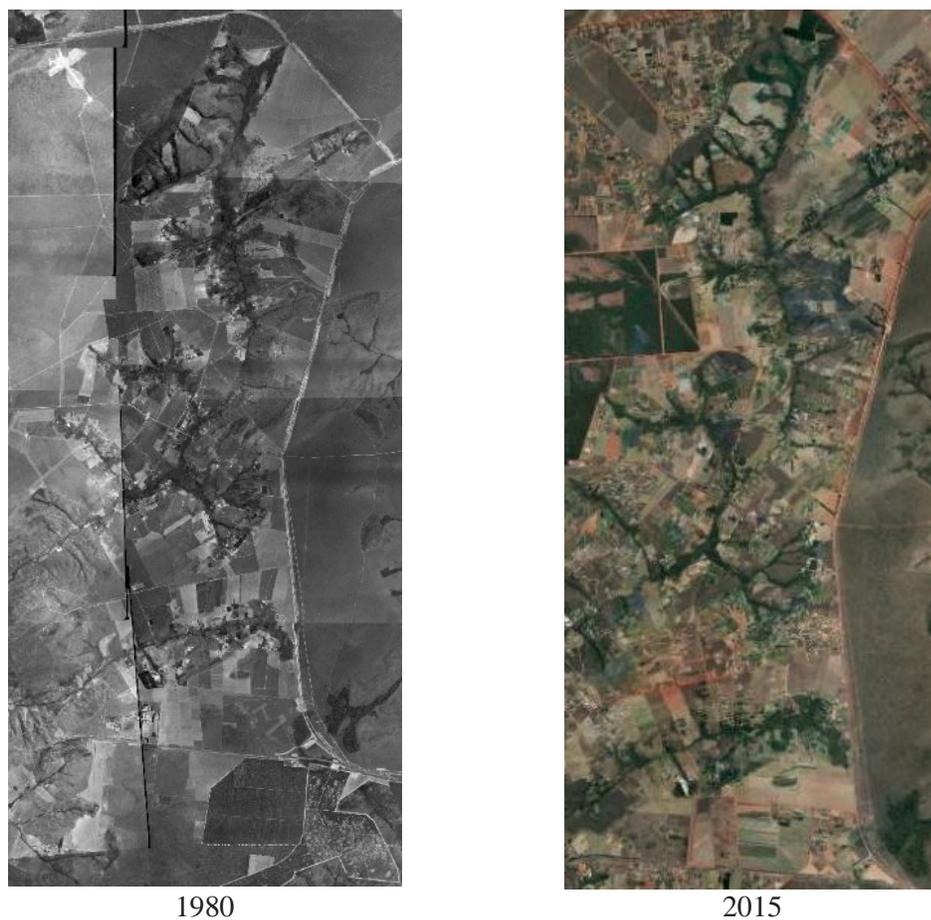
Figura 12 – Valores de amplitude dos ciclos anuais do Ribeirão Rodeador



Fonte: elaboração própria

O núcleo rural Rodeador faz parte da colonização original da área chamada Colônia Alexandre Gusmão, mantendo feições de uso e ocupação do solo semelhantes durante os anos (figura 13). Isso demonstra a importância da agricultura na região. As atividades produtivas não devem ser vistas como antagonistas, mas como relevantes na conservação do solo, evitando a urbanização.

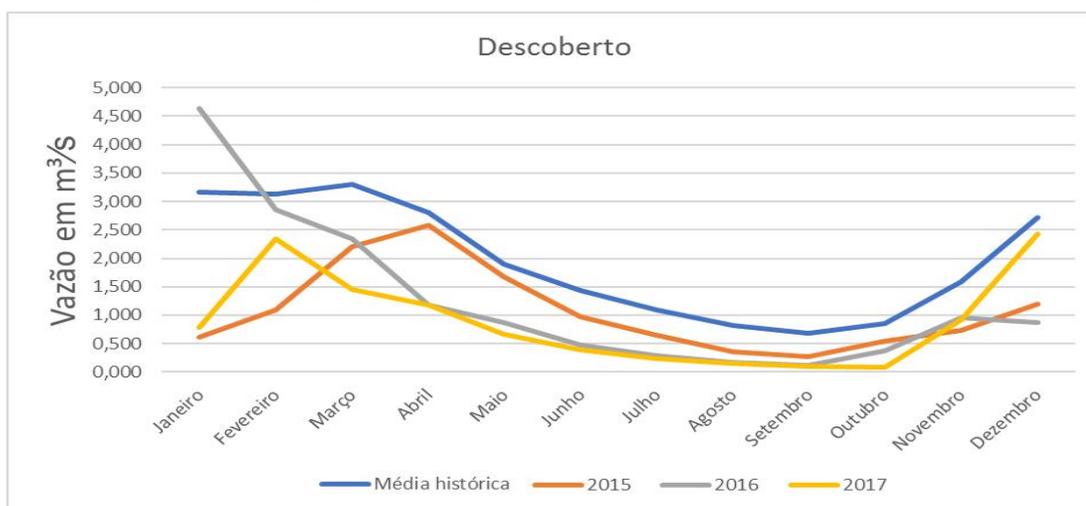
Figura 13 – Comparativo das feições da microbacia do Rodeador



Fonte: Google Earth

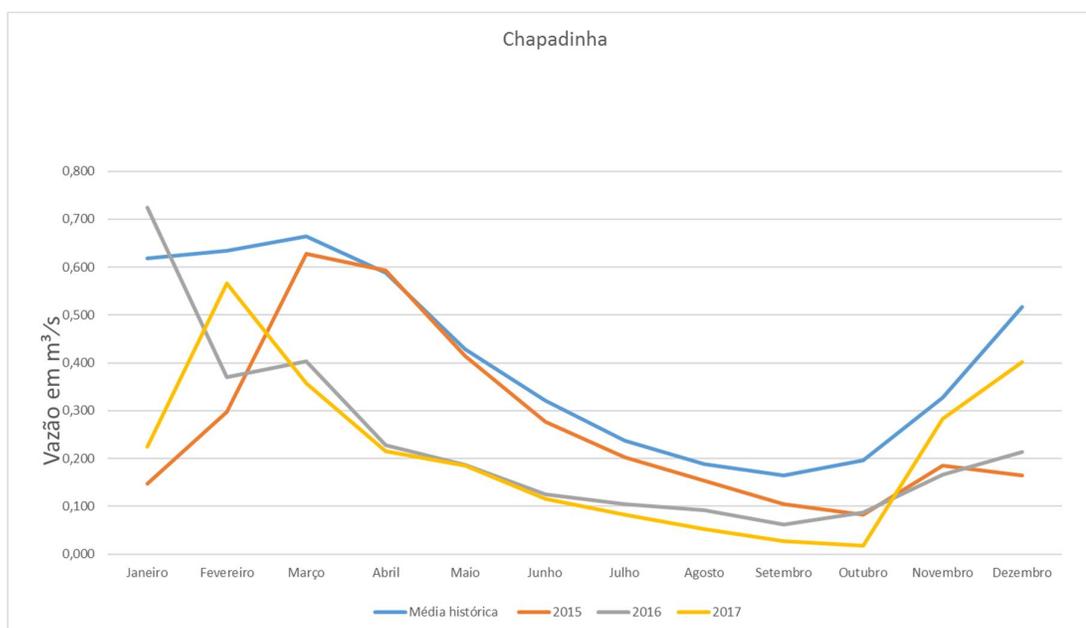
No que se refere às vazões dos afluentes, cabe, finalmente, uma análise das curvas de vazões mensais, comparando a curva da média histórica às dos anos críticos, para caracterizar a intensidade do cenário de escassez hídrica do Reservatório do Descoberto no triênio da crise hídrica de 2015 a 2017, conforme as figuras (14 a 19) a seguir.

Figura 14 – Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Descoberto



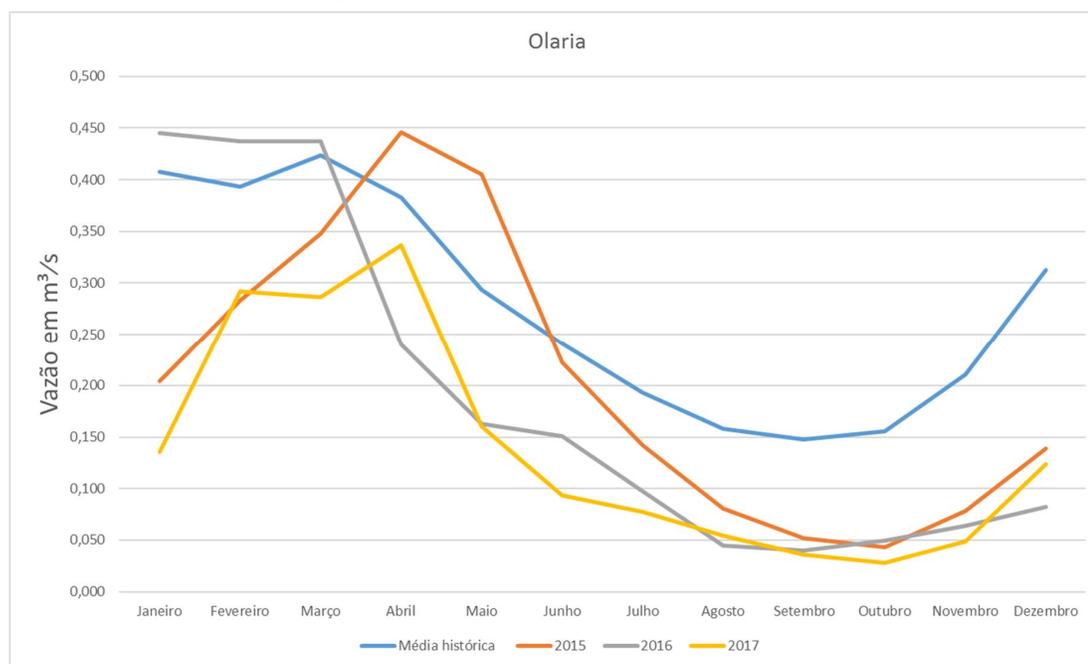
Fonte: elaboração própria

Figura 15 – Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Chapadinha



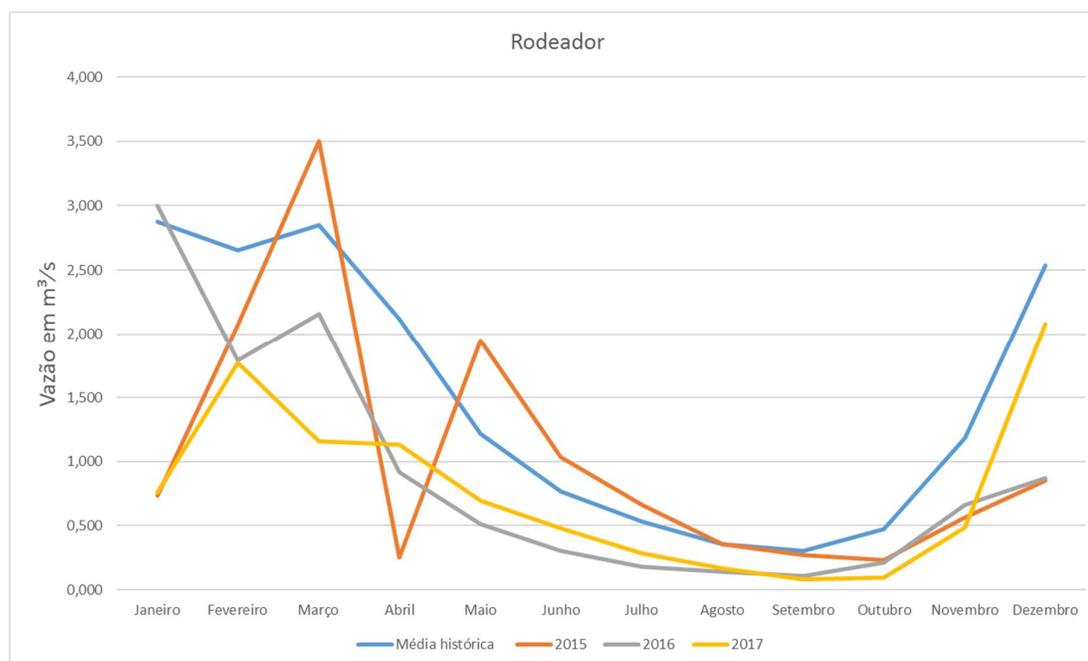
Fonte: elaboração própria

Figura 16 – Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Olaria



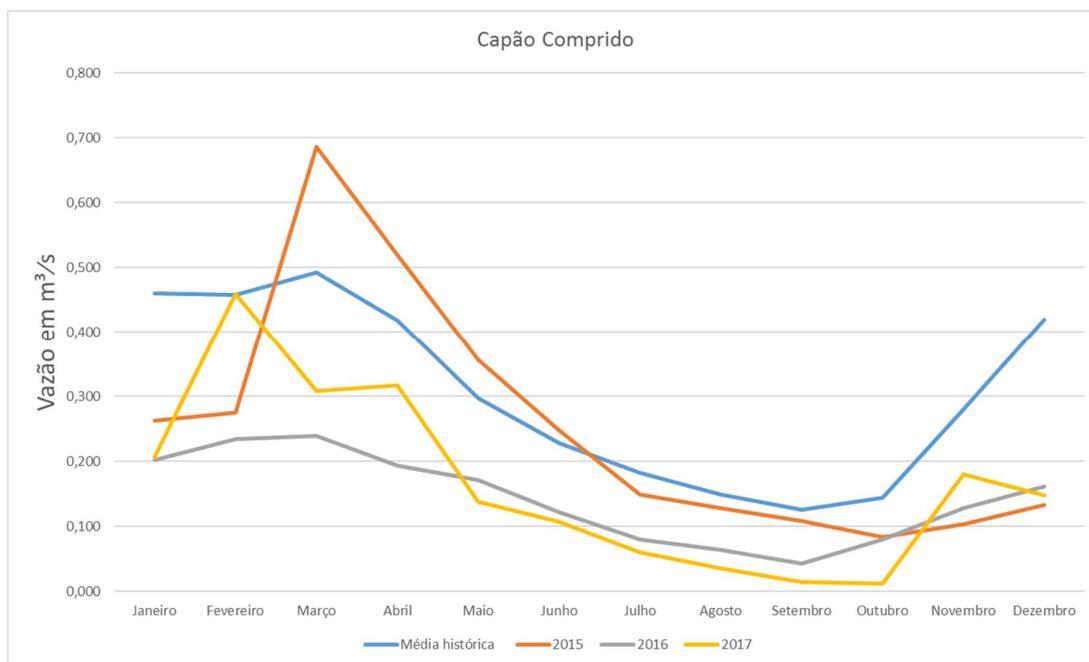
Fonte: elaboração própria

Figura 17 – Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Rodeador



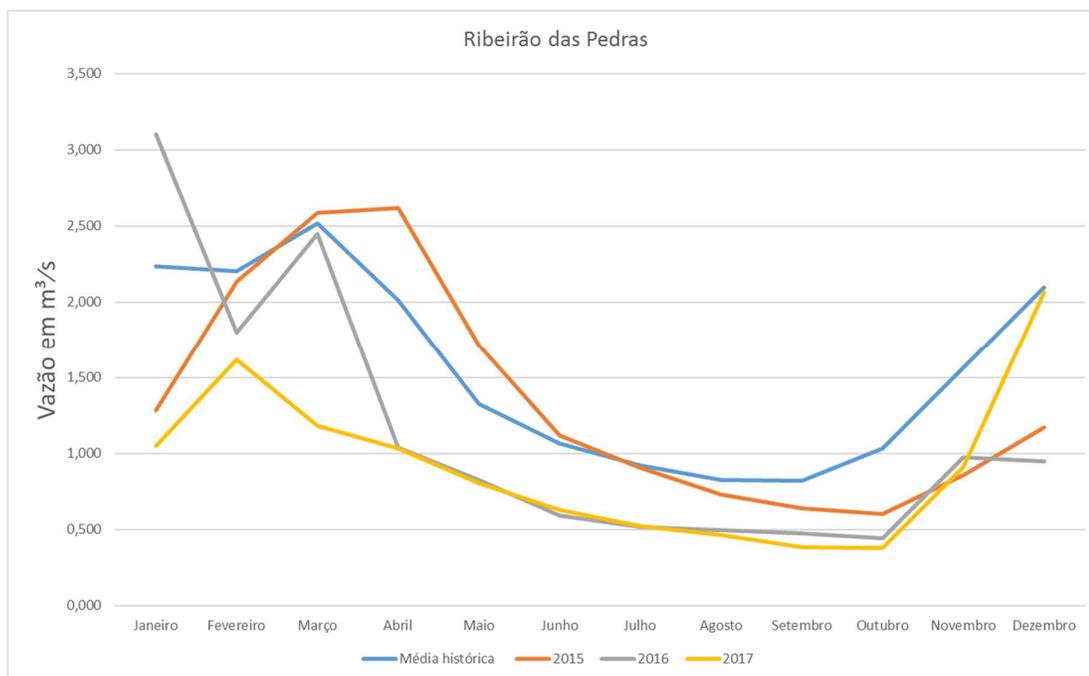
Fonte: elaboração própria

Figura 18 – Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Capão Comprido



Fonte: elaboração própria

Figura 19 – Comparativo de vazões mensais – média x triênio crítico – Ribeirão das Pedras



Fonte: elaboração própria

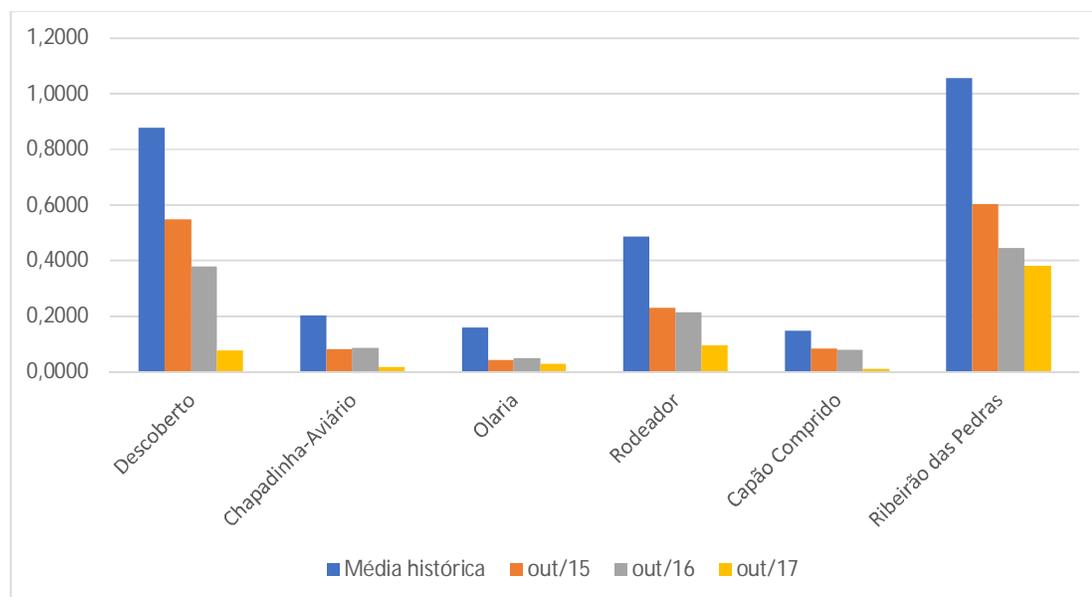
Como se nota, o comportamento dos seis afluentes monitorados é semelhante. O perfil típico de vazões máximas no período chuvoso e redução acentuada e finalmente vazões mínimas durante a estiagem se mantém nos anos de 2015 a 2017, acompanhando a dinâmica anual da pluviosidade.

Porém, todas as curvas de vazões dos anos críticos se demonstram menores do que as vazões médias históricas. Da mesma forma que se observa na pluviosidade da região, os dados coletados indicam que os anos de 2015 a 2017 apresentaram tendência decrescente.

O ano de 2017 registrou as piores vazões da série histórica. Em alguns dos afluentes, a vazão registrada no ápice da seca se aproximou de zero, como se nota nos gráficos acima. Obviamente, isso impactou a manutenção de índices minimamente seguros no Reservatório do Descoberto. Também ocasionou conflitos pelo uso da água por produtores rurais situados na bacia a montante da captação do sistema de abastecimento.

A figura 20 compara as vazões médias anuais dos afluentes do Reservatório do Descoberto denota a gravidade do quadro. Note-se a diferença entre a média histórica e os valores de 2017. Semelhantemente, pode-se notar a diferença entre o comportamento dos afluentes entre si. No Ribeirão das Pedras a diferença foi consideravelmente menor, devido à área de reserva da Flona.

Figura 20 – Comparação de vazões médias dos afluentes - outubro/2017



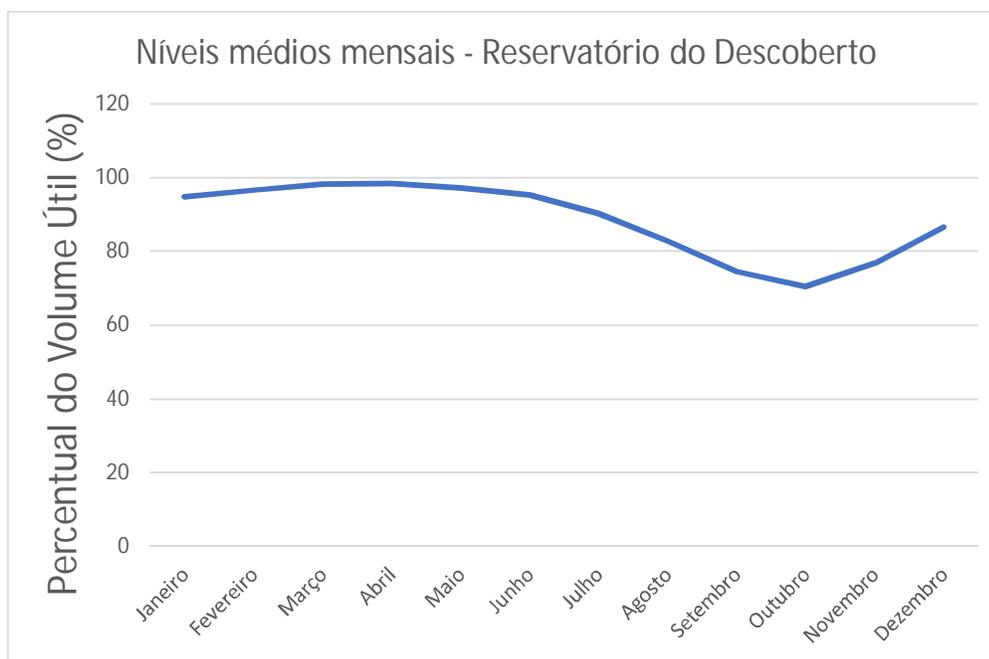
Fonte: elaboração própria

### c) Níveis do Reservatório do Descoberto

Para análise do comportamento do reservatório ao longo do tempo, primeiramente será analisada sua curva média, procurando demonstrar seu funcionamento típico. Isso corresponde ao cenário mais comumente verificado na estrutura. Esse perfil servirá como referência para análise de outros cenários possíveis, sejam os verificados na série histórica, como anos críticos, ou até mesmo novos cenários que ainda não tenham ocorrido.

A figura 21 traz a curva com os valores médios dos níveis do reservatório ao longo da série histórica de 1987 a 2017. Como se pode perceber, as cotas ficam constantemente próximas do nível máximo, exceto nos meses secos, quando a queda é sutil. Isso se deve ao funcionamento nos anos iniciais do sistema, que elevam os valores médios.

Figura 21 – Níveis mensais médios do Reservatório do Descoberto



Fonte: elaboração própria

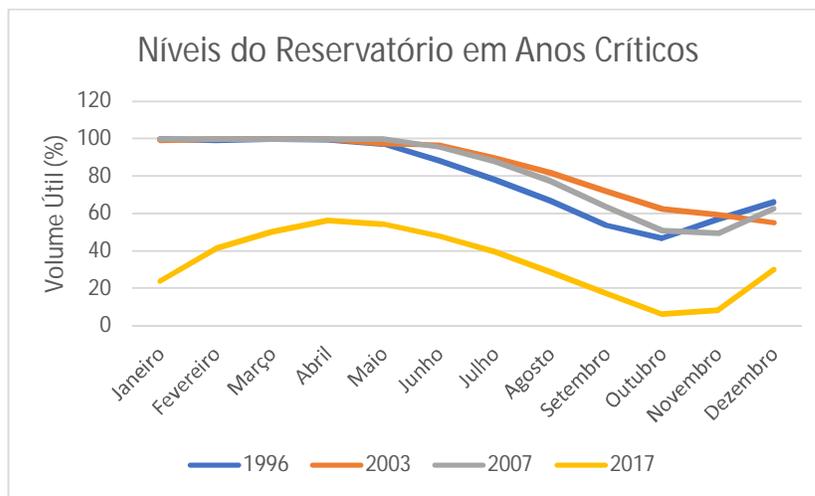
No entanto, ao comparar o perfil da figura 22 aos perfis da figura 23, fica expresso o contraste entre o funcionamento médio do reservatório e sua dinâmica no triênio crítico, em acompanhamento às baixas pluviosidades e afluência. Um dado importante que se pode notar é que em 2017, pela primeira vez na série histórica, o reservatório entrou na estiagem sem estar na sua cota máxima.

Esse padrão foi alterado de forma significativa ao longo dos anos. As mudanças das condições de funcionamento do reservatório estão relacionadas ao incremento das retiradas pela captação da concessionária, bem como pela redução gradativa da pluviosidade e das vazões afluentes.

Essa situação levou a Adasa a implementar, também, pela primeira vez, um racionamento em função da escassez hídrica. A redução das vazões captadas pela concessionária e as restrições aplicadas aos produtores rurais, bem como outras ações como fiscalização e reuniões com os atores evitou que o reservatório colapsasse no último trimestre do ano.

A figura 22 ilustra também a distinção entre os níveis medidos no pior ano da série histórica, 2017, e aqueles medidos nos anos prévios com piores pluviosidades – 2007, 2003 e 1996. Fica demonstrada de forma clara a mudança na dinâmica de funcionamento do reservatório.

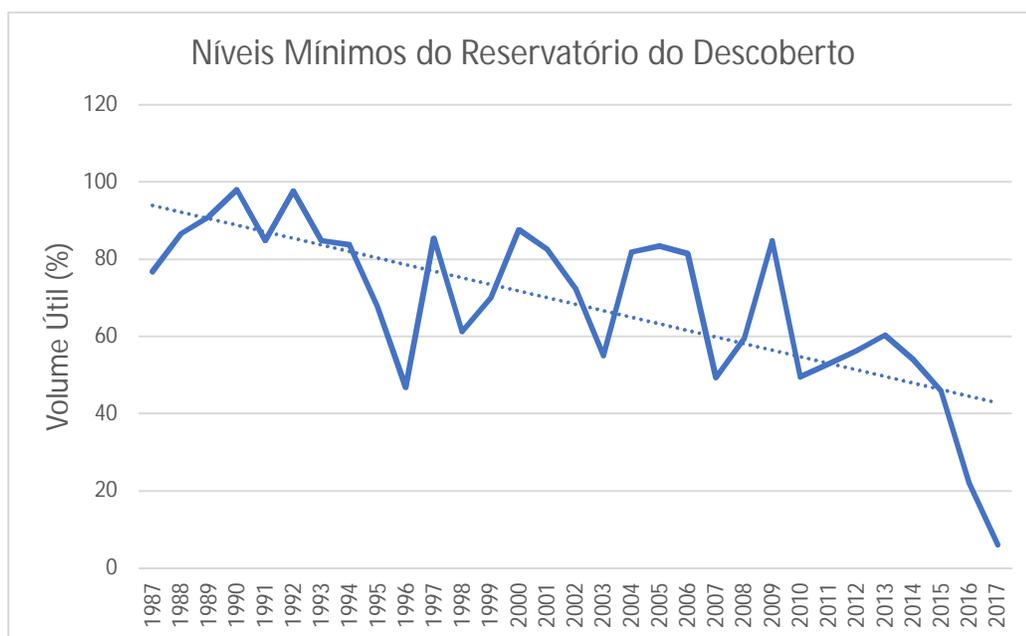
Figura 22 – Comparativo das curvas do Reservatório do Descoberto



Fonte: elaboração própria

Outra análise pertinente acerca da evolução do uso do reservatório ao longo dos anos é um comparativo dos níveis mínimos anuais, conforme disposto na figura 23. Esse dado representa o ponto crítico do ciclo anual do sistema. De maneira semelhante, pode ser interpretado como fator de risco de colapso do reservatório, i.e., quão próximo este chegou da utilização de todo o volume útil.

Figura 23 – Série histórica de níveis mínimos do Reservatório do Descoberto



Fonte: elaboração própria

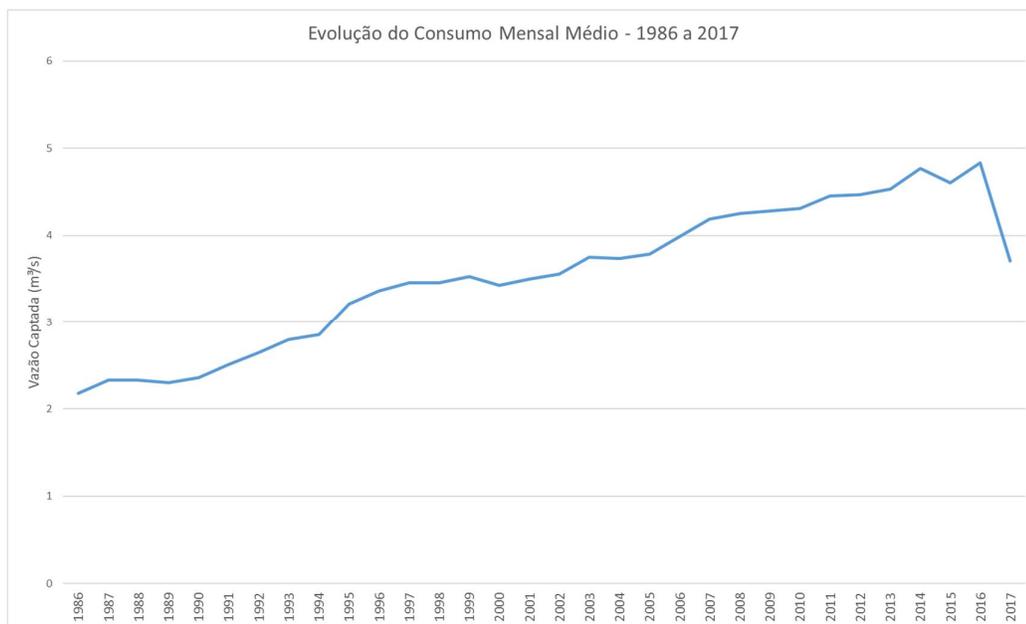
Uma primeira observação que se pode deduzir do gráfico é a tendência de redução do nível mínimo anual com o passar dos anos, indicado pela linha de tendência descendente. Cabe ainda destacar a diferença significativa entre o nível mínimo do ano de 2017, ápice da crise hídrica, e os níveis mínimos observados em anos com pluviosidade semelhante, mesmo o mais próximo deles, 2007.

Considerando que as entradas de água no sistema foram semelhantes, a diferença entre os ciclos de funcionamento do reservatório em 2017 e nos anos críticos anteriores se explica pelo aumento das retiradas pela captação do sistema de abastecimento, como será visto a seguir.

#### 4.2 DADOS DE CONSUMO

A figura 24 demonstra a evolução das vazões captadas a partir do Reservatório do Descoberto. A curva aduz uma linha ascendente, indicando o aumento contínuo do seu consumo. Pode-se notar que as vazões captadas apresentaram redução no ano de 2017, quebrando o padrão de alta. Isso se deveu às restrições implementadas pela Adasa por meio da Resolução n. 20, de 7 de novembro de 2016, que estabeleceu o regime de racionamento na rede de abastecimento do Sistema Descoberto.

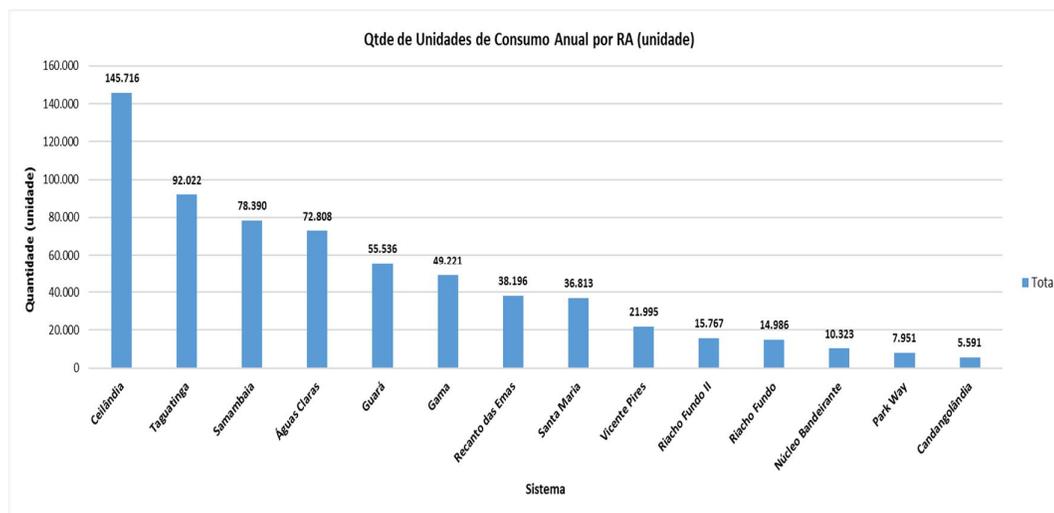
Figura 24 – Evolução das vazões captadas no Reservatório do Descoberto (1986 – 2017)



Fonte: elaboração própria

A figura 25 indica as Regiões Administrativas atendidas pelo Sistema Descoberto e a quantidade de unidades de consumo (2015). Nota-se que as localidades mais populosas do Distrito Federal estão conectadas a este sistema. Isso caracteriza que o risco de colapso do Reservatório do Descoberto acarreta prejuízos elevados às atividades sociais e econômicas regionais. De igual modo, indica ainda uma perspectiva de aumento exponencial do uso dos recursos hídricos do reservatório, que já se encontra saturado.

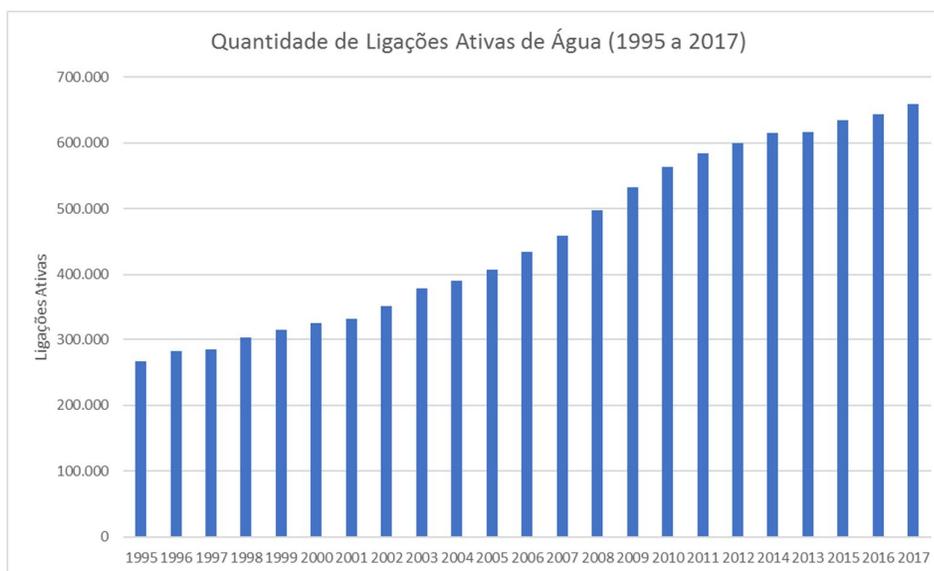
Figura 25 – Regiões atendidas pelo Sistema Descoberto e quantidade de ligações



Fonte: Superintendência de Abastecimento de Água e Esgoto – SAE/ADASA

Essa perspectiva de aumento do consumo dos recursos hídricos do Descoberto, já caracterizada pelo aumento constante das vazões captadas, é demonstrada pelo crescimento anual da quantidade de unidades de consumo (figura 26). Isso caracteriza que a região atendida pelo reservatório do Descoberto encontra-se ainda em franca expansão.

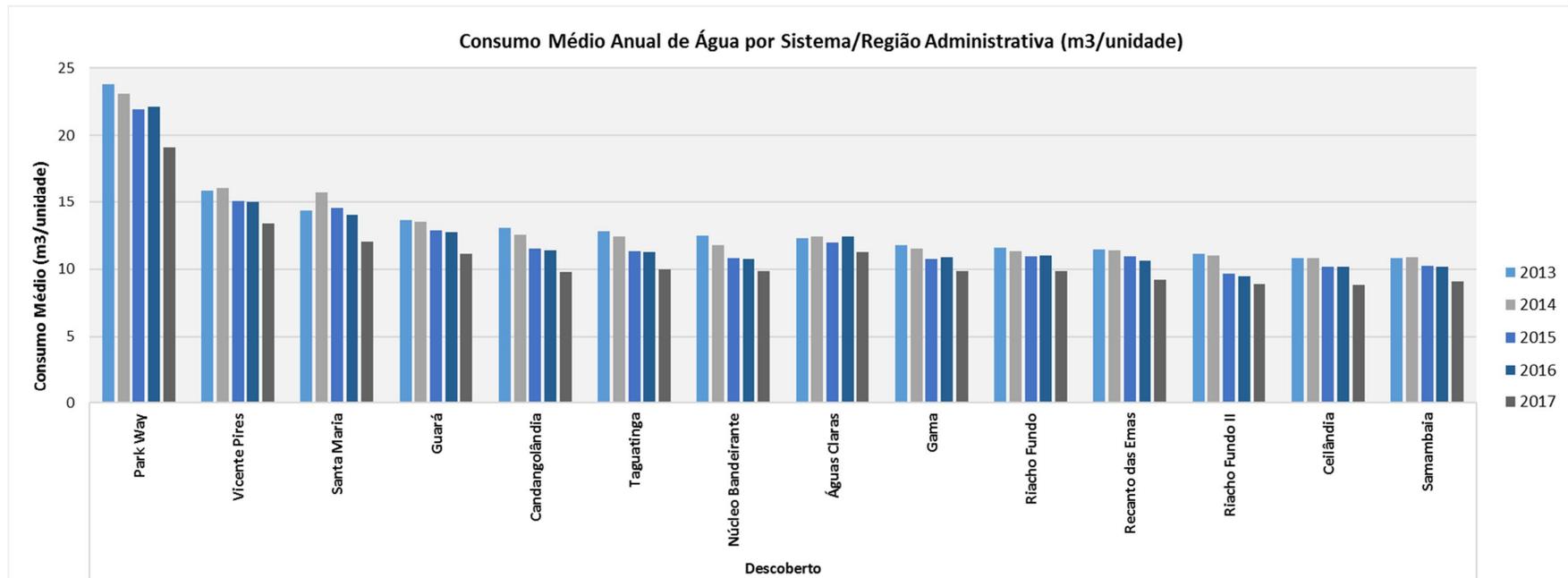
Figura 26 – Unidades de consumo no Sistema Descoberto por ano



Fonte: elaboração própria

Considerando a estimativa divulgada pelo IBGE para o crescimento populacional de Brasília em 2017, o aumento de cada litro/habitante/dia de consumo per capita representa mais de um bilhão de litros de água captados no ano ( $1 \text{ l/hab./dia} \times 3.000.000 \text{ de habitantes} \times 365 \text{ dias}$ ). Portanto, é preciso acompanhar a oscilação no comportamento de consumo dos usuários da rede de abastecimento. No entanto, recentemente houve redução do consumo em regiões administrativas abastecidas pelo Descoberto, provavelmente em virtude do racionamento, conforme figura 27.

Figura 27 – Consumo médio anual por Região Administrativa por unidade de consumo



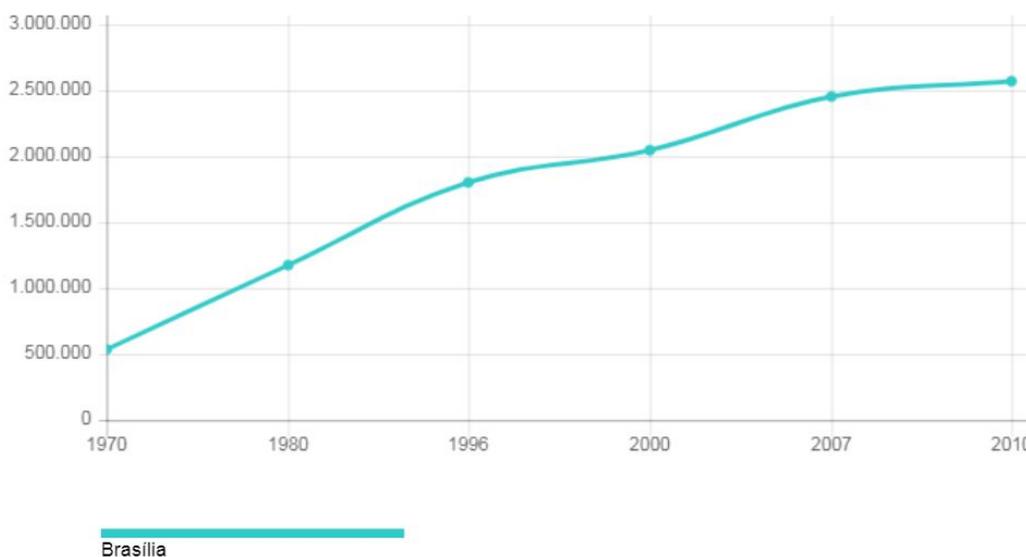
Fonte: Superintendência de Abastecimento de Água e Esgoto – SAE/ADASA

### 4.3 DEMOGRAFIA E SOLO

Um planejamento efetivo do uso dos recursos hídricos requer mais do que a mera consideração das variáveis hidrológicas e de operação do sistema. É preciso avaliar as dinâmicas sociais e seus impactos sobre o ambiente que integra o sistema. Esses fatores e suas tendências permitem compreender e antecipar as alterações nos padrões de disponibilidade e demanda hídrica.

A figura 28 mostra a tendência de crescimento demográfico apresentada por Brasília desde sua origem. Quando se iniciou o empreendimento da nova capital, na década de 1960, a área onde hoje se situa o DF possuía baixa densidade demográfica, abrigando apenas os municípios goianos de Planaltina e Brazlândia, além de fazendas para a prática da pecuária e agricultura (MANCINI, 2008).

Figura 28 – População de Brasília nos Censos (1970 – 2010)



Fonte: IBGE

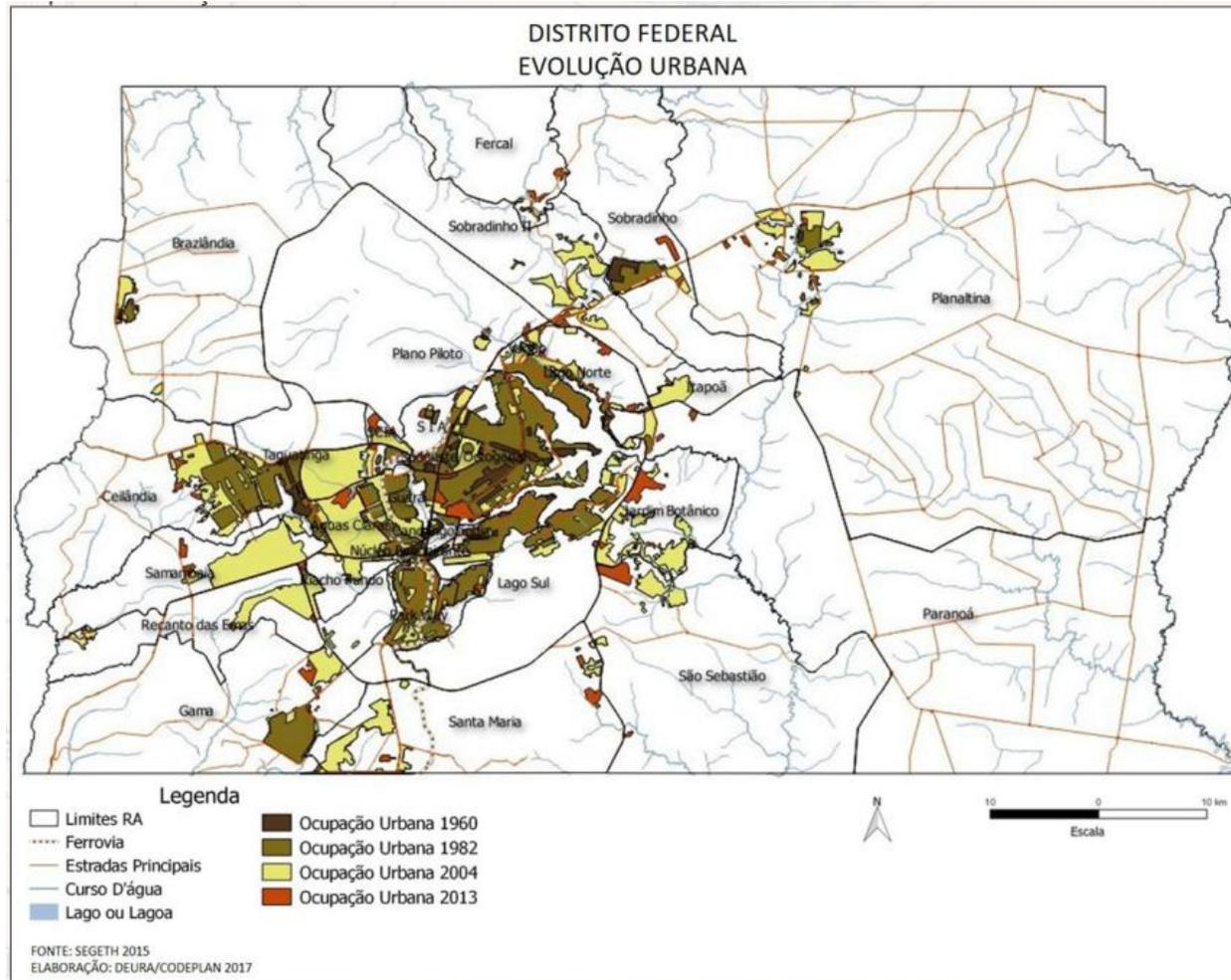
O modelo escolhido para implementar o território do novo ente federativo foi a desapropriação das terras privadas, passando seu controle para o Estado, que também planejou e executou grande parte da infraestrutura urbana, cujo principal exemplo é o Plano Piloto.

Ainda segundo Mancini (2008), após a construção da capital, a região apresentou altos índices de fluxo migratório, inicialmente oriundo da mão-de-obra que trabalhou na construção de Brasília e passava a instalar-se em invasões nas cercanias da cidade.

Com vistas a abrigar esse contingente, foram construídas as primeiras cidades satélites ainda na década de 1960, como Taguatinga, Gama e Ceilândia. Nessa mesma época, passaram a proliferar os loteamentos clandestinos de terras públicas, denominados “condomínios”, como é o caso da Região Administrativa de Vicente Pires (MANCINI, 2008). Essas ocupações adensadas foram feitas de forma irregular, alterando o padrão inicialmente adotado no DF de urbanização planejada. No início dos anos 2000, Brasília já possuía mais de dois milhões de habitantes.

Essas novas cidades satélites proporcionaram as condições para a ampliação demográfica registrada abaixo, na figura 29. No início da década de 1980, o Distrito Federal já registrava mais de um milhão de habitantes. Contudo, essas primeiras expansões não foram suficientes, e ao longo da década novas urbes foram edificadas, como Recanto das Emas, Paranoá, Santa Maria e Samambaia.

Figura 29 – Mapa de expansão urbana no Distrito Federal



Esse crescimento concedeu ao DF um padrão de urbanização dispersa, passando a caracterizar-se como metrópole (PAVIANI, 2003), com acentuada expansão demográfica. Segundo Paviani (2003, p.69), o foco dos problemas, de crescimento populacional acentuado e ocupação desordenada do solo no DF, está nas áreas ao redor do Plano Piloto:

Assim, enquanto o Plano Piloto, a cada censo, tem população menor, as cidades-satélites incham. Essa inchação obriga o governo do DF a abrir novos aglomerados como Samambaia, Santa Maria, Recanto das Emas e outros que tiveram seus perímetros ampliados como Ceilândia e Riacho Fundo, por exemplo. Para amparar essa constatação, basta verificar que no início dos anos 90 Brasília possuía 9 regiões administrativas, enquanto em fins de 2000 elas já eram 19. A população que, no início da década passada era de 1.515.889 habitantes, somava 2.043.169 habitantes no início desta década. Não se têm estatísticas confiáveis sobre qual o montante de imigração nesse total populacional. Também não há estatísticas de quantos dos que aqui residiam na década passada voltaram a migrar para outras regiões do país. Mas é certo que, cada vez com maior intensidade, a população cresce por incremento vegetativo.

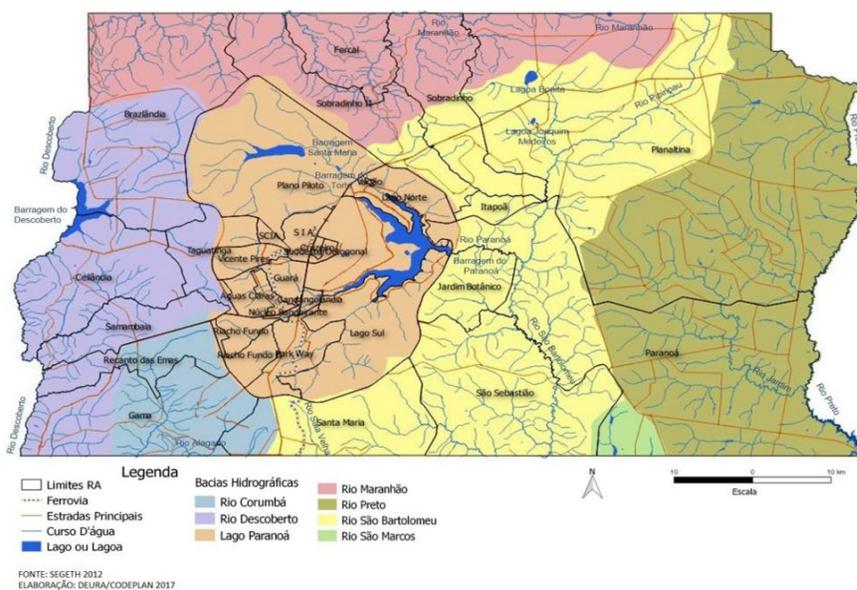
Ojima (2007) realizou pesquisa comparativa com 37 cidades brasileiras para construção de indicador de dispersão urbana, que apontou Brasília como detentora do maior grau de espraiamento. Em estudo realizado, em 2003, por Bertaud & Malpezzi (2003), resultados semelhantes já haviam sido encontrados, que caracterizavam Brasília como a mais dispersa em comparação a outras 48 cidades do mundo.

Bertaud & Malpezzi (2003) também destacam o padrão inverso de densidade urbana do Distrito Federal. Na maioria das cidades estudadas, as regiões mais adensadas são as centrais, com gradativa redução de densidade no sentido periférico. Brasília apresenta tendência oposta, com menor densidade na região central e crescimento progressivo nas periferias. Segundo os autores, isso se deve ao caráter de urbanização planejada com forte regulação do solo no Plano Piloto e R.A. próximas, que não se replicou nas fases posteriores de ocupação do solo.

Segundo dados do IBGE (2018), atualmente Brasília possui a segunda maior taxa de crescimento populacional entre as capitais, sendo a terceira cidade mais populosa do país. Entre 2013 e 2014, sua população cresceu cerca de 2,25%, em comparação com uma média nacional de 0,86%.

O centro da zona metropolitana, Plano Piloto (R.A. I), situa-se na Bacia do Paranoá, assim como outras R.A. importantes no Distrito Federal (figura 30). Parte das R.A. localizadas nesta bacia correspondem à porção relativamente mais consolidada do Distrito Federal, possuindo taxa média geométrica de crescimento anual (TMGCA) negativa ou próxima a 0% (CODEPLAN, 2017). Estas R.A. consolidadas situam-se especialmente na U.H. do Lago Paranoá. São áreas originárias da urbanização inicial de Brasília ou, mesmo que recentes, planejadas.

Figura 30 – Mapa do Distrito Federal com Regiões Administrativas



A U.H. do Riacho Fundo, também na Bacia do Paranoá, apresenta desafios à gestão de água e solo do DF. O crescimento demográfico de algumas áreas desta R.A. é significativo, tendo se dado em grande parte de forma irregular, como em Vicente Pires, Arniqueiras (R.A. Taguatinga), Estrutural e Riacho Fundo II, que apresenta TMGCA de 14,53%, com apenas 19,17% de sua área urbanizada, segundo estudo da Codeplan disposto na tabela 8, com dados da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - PDAD.

Apesar disso, as maiores regiões administrativas do DF em população e densidade populacional encontram-se na Bacia do Rio Descoberto, afluente do Paraná. Ainda, segundo os dados da tabela 8, suas principais R.A., Ceilândia, Samambaia e Taguatinga, sozinhas somam quase um terço da população do DF, 32,5%, ou aproximadamente um milhão de pessoas.

Ceilândia e Samambaia têm, cada uma, população superior à do Plano Piloto e Taguatinga fica próxima. Taguatinga parece ter estabilizado sua população, com TMGCA de -1,38%, enquanto Ceilândia e Samambaia, que possuem as duas maiores populações dentre as R.A. do DF, encontram-se em franca expansão, com taxas de 3,03% e 6,39%, respectivamente.

A Bacia do Rio São Bartolomeu, no centro-leste do DF, corresponde a mais de 20% do território, apresenta urbanização moderada, tendo como principais R.A. em seu domínio Sobradinho I e II, Planaltina, São Sebastião e parte do Paranoá. Apesar do recorrente problema de ocupações irregulares na região, Sobradinho já apresenta TMGCA negativa, e Recanto das Emas, próxima a 0%. Ainda são motivos de preocupação Sobradinho II e, especialmente, Planaltina, esta com 190.495 habitantes e taxa de crescimento positiva.

Tabela 8 – Características demográficas das Regiões Administrativas

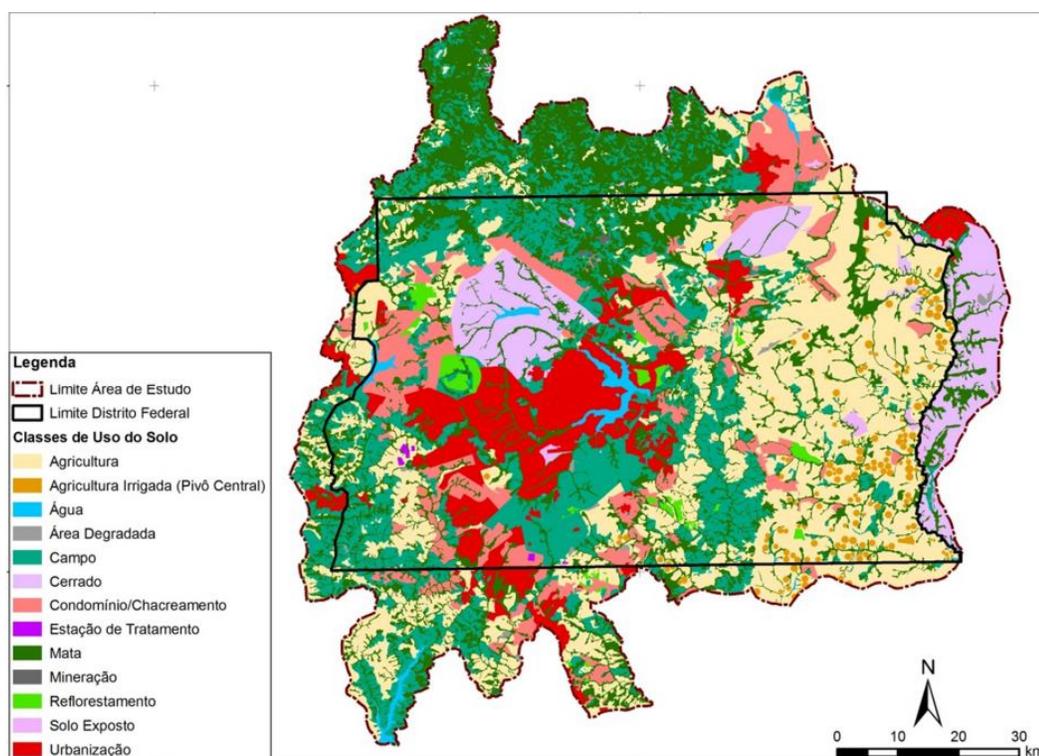
Região Administrativa (RA)	População 2013	População 2015/2016	TMGCA (%)	Área com Ocupação Urbana (em ha)	Densidade Urbana 2015 (hab./ha)	Área Total da RA (em ha)	Densidade Demográfica 2015 (hab./ha)	Tipologia Domiciliar	
								Casas (%)	Apart + Quit. (%)
RA XXIII - Varjão	9.292	8.453	-4,62	59,42	142,27	75,56	111,87	75,75	20,44
RA XIX - Candangolândia	16.886	15.641	-3,76	113,85	137,38	662,7	23,6	87,2	12
RA IX - Ceilândia	451.872	479.713	3,03	3.691,92	129,94	23.401,14	20,5	94,36	4,25
RA XV - Recanto das Emas	138.997	146.906	2,81	1.246,27	117,88	10.261,11	14,32	96,98	2,76
RA XIV - São Sebastião	98.908	99.525	0,31	882,69	112,75	35.571,37	2,8	92,71	6,61
RA XXV - SCIA/Estrutural	35.094	38.429	4,64	350,21	109,73	741,75	51,81	92,4	0,6
RA XXII - Sudoeste/Octogonal	52.273	52.990	0,68	505,80	104,77	585,61	90,49	0,11	99,89
RA XII - Samambaia	228.356	258.457	6,39	2.501,67	103,31	10.125,85	25,52	89,29	10,49
RA XI - Cruzeiro	32.182	29.535	-4,2	290,80	101,63	323,05	91,43	22,8	77,2
RA IV - Brazlândia	51.121	51.816	0,68	554,03	93,52	47.684,84	1,09	89,85	7,4
RA VII - Paranoá	46.233	44.975	-1,37	487,46	92,26	78.876,96	0,57	85,28	12,98
RA XVII - Riacho Fundo	37.606	40.098	3,26	465,93	86,06	2.382,93	16,83	68	32
RA XXI - Riacho Fundo II	39.424	51.709	14,53	618,63	83,59	3.226,31	16,03	95,99	2,92
RA XXVIII - Itapoá	59.694	67.238	6,13	820,85	81,93	3.015,59	22,3	98,8	0,8
RA III - Taguatinga	212.863	207.045	-1,38	2.572,11	80,50	8.056,15	25,7	69,73	30
RA VIII - Núcleo Bandeirante	23.714	23.562	-0,32	299,77	78,60	466,94	50,46	40,4	59,6
RA X - Guará	119.923	133.171	5,38	1.810,57	73,55	2.562,92	51,96	45,25	54,5
RA XX - Águas Claras	118.864	138.562	7,97	1.937,03	71,53	2.285,82	60,62	23,06	76,84
RA VI - Planaltina	185.375	190.495	1,37	2.989,46	63,72	153.847,95	1,24	94,49	4,86
RA XXVI - Sobradinho II	97.466	100.683	1,64	1.708,30	58,94	22.307,29	4,51	92,36	7,26
RA XIII - Santa Maria	122.721	125.559	1,15	2.180,00	57,60	21.463,18	5,85	94,57	4,84
RA II - Gama	134.958	134.111	-0,31	2.631,71	50,96	27.559,42	4,87	81,76	17,02
RA V - Sobradinho	63.715	62.763	-0,75	1.503,93	41,73	20.122,20	3,12	75,42	23,57
RA XXX - Vicente Pires	72.415	72.733	0,22	2.276,79	31,95	2.574,01	28,26	98,48	0,76
RA XXXI - Fercal	8.408	8.288	-0,72	280,27	29,57	11.876,50	0,7	97,8	1
RA I - Plano Piloto	216.489	210.067	-1,49	10.176,75	20,64	40.989,31	5,12	9,19	90,45
RA XVIII - Lago Norte	34.182	36.394	3,18	3.641,56	9,99	6.554,02	5,55	70	29,8
RA XXVII - Jardim Botânico	25.302	26.882	3,08	3.018,40	8,91	9.115,08	2,95	98,4	1,6
RA XVI - Lago Sul	30.629	28.981	-2,73	4.352,02	6,66	18.342,78	1,58	98,8	0,4
RA XXIV - Park Way	19.727	19.803	0,19	5.653,35	3,50	7.646,32	2,59	97,8	2,2
RA XXIX - SIA	1.997	1.990	-0,18	1.845,37	1,08	2.703,90	0,74	72,24	20
DISTRITO FEDERAL - DF	2.786.684	2.906.574	2,13	61.466,51	47,29	575.408,56	5,05	72,71	27

Fonte: Codeplan

Não obstante, a maior parte da área da Bacia do Rio Bartolomeu ainda apresenta feições rurais. Um dos motivos é o relevo acidentado em sua porção central, que dificulta a construção de edificações e o aproveitamento do solo para a agricultura. Porém, um de seus principais afluentes, o Ribeirão Pipiripau, com perfil propício para atividade agrícola, possui produção relevante.

A segunda maior bacia em área, Rio Preto, que corresponde à totalidade da Região Hidrológica do Rio São Francisco no DF, é predominantemente agrícola. Mais de 50% de sua área é destinada a tais atividades (ADASA, 2011). Ela abriga grandes produtores, que cultivam majoritariamente grãos. Nesta bacia está a maioria dos pivôs centrais de irrigação do DF (figura 31). Há parca presença de áreas urbanas, que correspondem a apenas 1,8% de sua área. O Rio Preto, ao Leste, tal qual o Rio Descoberto, a Oeste, serve como divisa entre o Distrito Federal e Goiás.

Figura 31 – Mapa de uso do solo no Distrito Federal



Fonte: ADASA, 2011

A bacia do Rio Maranhão é a maior em extensão total dentre todas, mas a maior parte de sua área situa-se no Goiás. Sua porção no DF é constituída em grande parte por mata, campo e cerrado – cerca de 74,7% de sua área –, com alguma agricultura, que remonta a cerca de 13% de sua área (ADASA, 2011).

A Bacia do Rio São Marcos é a menor em extensão no DF, apenas 47,1 km<sup>2</sup>. Sua feição principal é a agricultura, que abrange 85,6% de sua área. A Bacia do Rio Corumbá, segunda menor em extensão com 278,8 km<sup>2</sup>, possui duas regiões com população superior a cem mil habitantes: Gama e Recanto das Emas, além de abrigar parte de Santa Maria. Sua agricultura também é expressiva, ocupando 27,9% da área (ADASA, 2011).

A ampliação populacional e a urbanização trouxeram rápidas mudanças no perfil do território, cujas feições rurais foram convertidas em urbanas, sem as devidas considerações ambientais. Áreas reservadas à manutenção do bioma Cerrado têm sido suplantadas de forma irregular por edificações próprias de cidades, inclusive na zona de recarga do Reservatório do Descoberto, como é o caso do bairro Inkra 9, na R.A. de Brazlândia, figuras 32 e 33.

Figura 32 – Inkra 9 em 03/09/2003



Fonte: Google Earth

Figura 33: Incra 9 em 11/08/2018



Fonte: Google Earth

Essa alteração não planejada do uso do solo em área de manancial de abastecimento público, além de ilegal, acarreta a impermeabilização do terreno, comprometendo a capacidade de recarga dos aquíferos que sustentam os córregos afluentes durante o período de seca por meio do fluxo de base (FETTER, 2001).

Outra consequência das ações antrópicas no ambiente, em especial a emissão de gases relacionados ao efeito estufa, é o aumento da temperatura média dos oceanos e da atmosfera da Terra. O fenômeno, denominado aquecimento global, está ligado a fatores como crescimento populacional e desenvolvimento econômico e tecnológico.

Esse fenômeno se reproduz nas demais áreas de Cerrado, que vêm sofrendo pressão ao longo das últimas décadas quanto à alteração de suas características de uso e ocupação do solo. Após a Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma nacional mais afetado pela ocupação humana. No período de 2009-2010, sua taxa de desmatamento foi a maior entre os biomas brasileiros (MMA, 2011).

Mas não apenas ações antrópicas no Cerrado influenciam o Distrito Federal. A Amazônia exerce papel fundamental no ciclo hidrológico do país. Sua área desmatada atual ultrapassa os 763.000 km<sup>2</sup>, conforme figura 34, equivalente a três estados de São Paulo. Há indícios de que a remoção de vegetação possa afetar a dinâmica hidrológica entre solo e atmosfera. As grandes massas de umidade oriundas da evapotranspiração da floresta, que contribuem com as precipitações no Centro-Oeste, poderiam diminuir seu aporte à região (NOBRE, 2014).

Para aferir essa elevação da temperatura, são utilizados métodos que se baseiam tanto em medições feitas a partir da superfície quanto por satélites. Essas técnicas têm apresentado valores aproximados que dão conta de haver algum aquecimento global. Dados coletados a partir da superfície pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), órgão americano de meteorologia, mostram aquecimento de 0,154 °C por década. Os estudos realizados pela Universidade de Huntsville, Alabama, obtidos de satélites da NASA, apontam incremento da temperatura em 0,142 °C por década. Ambas séries concernem ao período entre 1979 e 2012 (NOAA, 2011 e 2012).

O relatório “Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos”, elaborado para subsidiar o Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas – PNMC, reporta:

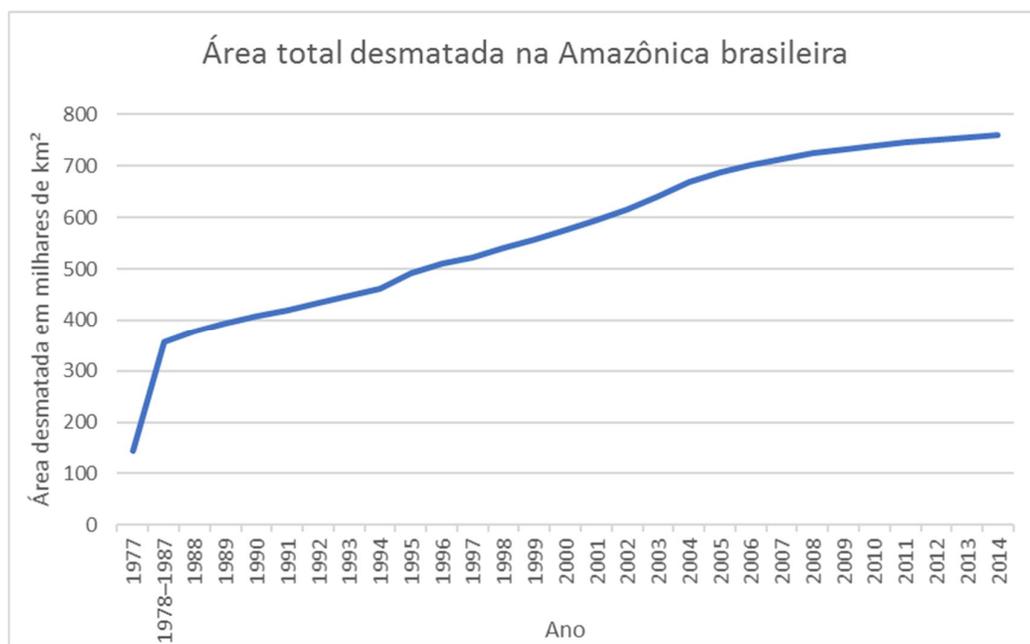
O ciclo hidrológico está diretamente vinculado às mudanças de temperatura da atmosfera e ao balanço de radiação. Com o aquecimento global da atmosfera, esperam-se, entre outras consequências, mudanças nos padrões da precipitação (aumento da intensidade e da variabilidade da precipitação), o que poderá afetar significativamente a disponibilidade e a distribuição temporal da vazão nos rios, quer negativamente, quer positivamente. Em resumo: além de alterações nas disponibilidades médias, os eventos hidrológicos críticos, secas e enchentes, poderão tornar-se mais frequentes. (ANA, 2014, p. 9)

Com base na figura 34, no que diz respeito às ações antrópicas remotas que podem influenciar no regime de precipitação na região do Descoberto, nota-se que no decurso de um período de trinta anos houve uma expansão da área desmatada na denominada Amazônia Legal (INPE, 2017).

Como se percebe, apenas entre 1988 e 2017, a área desmatada na Amazônia Legal corresponde a 428.398 km<sup>2</sup>, equivalente aos territórios da Alemanha e de Portugal juntos. A alteração dos padrões de uso e ocupação do solo nas regiões de influência do ciclo hidrológico do DF pode ter participação na diminuição de pluviosidade experimentada nos últimos anos pelo DF.

Segundo Nobre (2014), dados de satélites para chuva e presença de floresta mostraram redução da precipitação a jusante dos ventos que passam sobre áreas desmatadas. Dentre as áreas que sofrem influência climatológica das massas de vapor oriundas da evapotranspiração da Floresta Amazônica, encontra-se o Distrito Federal. Como se nota na figura, o crescimento da área desmatada na Amazônia coincide com o período de diminuição de pluviosidade no Distrito Federal.

Figura 34: Área desmatada na Amazônia brasileira (1970 – 2018)



Fonte: elaboração própria

## 5 DISCUSSÃO

Os dados apresentados refletem uma realidade que não pode ser relegada: os fatores relacionados à água e sua distribuição são dinâmicos e, por isso, estão sujeitos a mudanças constantes. Essa característica, por si só, enseja a atenção redobrada quanto ao planejamento na gestão dos recursos hídricos.

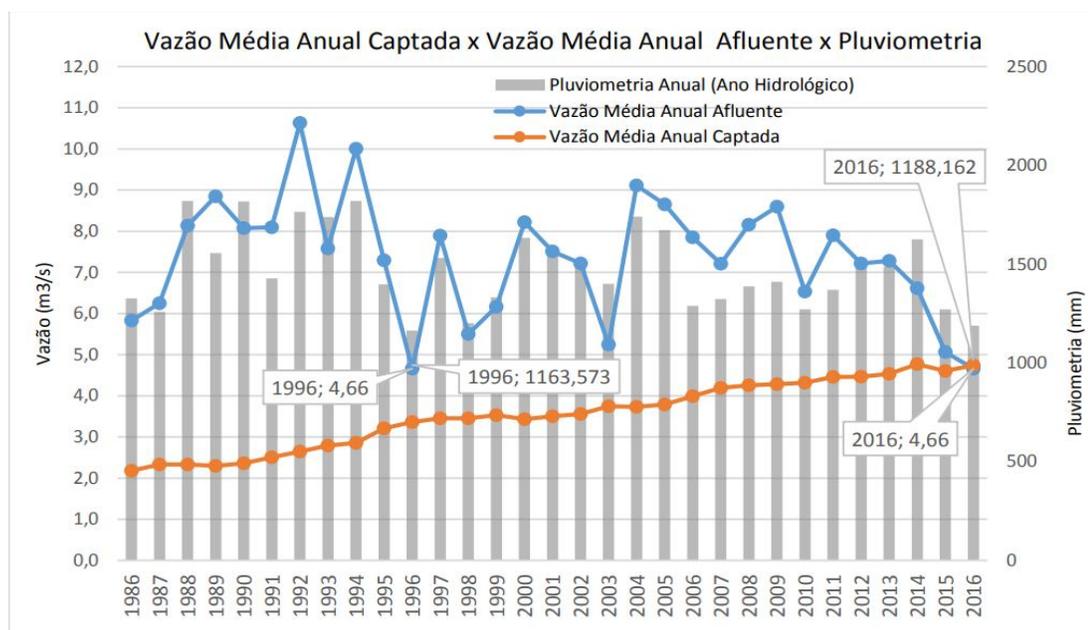
Semelhantemente, deve-se considerar que os mananciais de abastecimento público são sistemas complexos, compostos por diversos subsistemas, como sugerido por Loucks e Van Beek (2005). Por isso, a mera consideração das variáveis hidrológicas não é suficiente para a compreensão plena das dinâmicas relacionadas à água.

Dessa maneira, a presente obra tem como elemento central a comparação vis-à-vis de variáveis hidrológicas da área de estudo com outras variáveis incidentes, em especial demográficas, para demonstrar que essas esferas não podem ser tratadas separadamente, como é de praxe nas organizações gestoras.

O subsistema normativo-institucional, que elabora legislações e regulações e administra os recursos hídricos, foi concebido no Brasil de forma estanque e compartimentalizada. Isso fica nítido ao se notar que os dados apresentados apontavam, durante anos seguidos, para um eventual colapso da principal fonte de abastecimento público da capital da República. No entanto, não foram adotadas medidas cautelares com a devida antecedência, demonstrando falta de capacidade de adaptação.

A figura 35 ilustra bem essa realidade. Durante os anos de utilização do Reservatório do Descoberto, o crescimento contínuo do consumo foi levando os valores de vazão captada cada vez mais próximos aos de vazão afluente. Com dados como os de pluviosidade e afluência de 1996, era possível realizar projeções demonstrando previamente que, na eventualidade de um cenário hidrológico crítico, o ponto de inflexão, onde vazão captada ultrapassa a afluência, seria atingido.

Figura 35 -- Comparação - vazão captada x vazão afluente x pluviometria



Fonte: Caesb

Mesmo cientes disso, as autoridades responsáveis não adotaram as medidas cabíveis para aumentar a oferta de água ou reduzir seu consumo. Essa temeridade colocou em risco a vida de milhões de pessoas e a economia da capital da república. Os acidentes ocorridos recentemente nas barragens de contenção de rejeitos de Mariana e Brumadinho vêm confirmar a leniência com que o Brasil trata o assunto da gestão de crises: esperando que estas ocorram para tomar providências.

Com o aumento das ações antrópicas no ambiente, como a supressão vegetal na Amazônia e no Cerrado, a tendência é que eventos críticos como os de 2015 a 2017 se intensifiquem. Em estudo realizado por pesquisadores das Universidades de Miami e Princeton (KHANNA ET AL., 2017), foi apontado que a extração de mais de 20% da Floresta Amazônica nas últimas três décadas desencadeou mudanças hidroclimáticas importantes.

Com base em dados de satélites das últimas décadas e modelos numéricos, os pesquisadores buscaram demonstrar a ocorrência de uma alteração no regime de chuvas regional atrelada à deflorestação em Rondônia. Comparando os dados da década de 1980 aos atuais, foi possível identificar uma mudança de aproximadamente 25% nos padrões de chuva da área desflorestada.

Como demonstrado nos Resultados (tabela 6), essas alterações na cobertura vegetal de biomas com influência sobre a região central do Brasil andaram paralelamente às mudanças de padrões pluviométricos no Distrito Federal, que têm apontado para uma tendência de queda.

A continuidade do desmatamento na Amazônia e no Cerrado, somada às ações antrópicas locais, como a urbanização que impermeabiliza o solo na própria bacia de contribuição do Reservatório do Descoberto, indicam o aumento da incerteza na predição dos cenários hidrológicos futuros, com a possibilidade de maior incidência de eventos críticos de estiagem.

Outra conclusão a que se chega a partir das informações analisadas é o subdimensionamento do Reservatório do Descoberto perante os usos a ele atrelados. Inicialmente, o Reservatório do Descoberto foi concebido para atender as áreas de expansão de Taguatinga e Ceilândia, ainda na década de 1970. Obras desse porte são projetadas com capacidade superior à inicial, contemplando o crescimento da rede de atendimento.

Cabe ressaltar que desde a inauguração do Sistema Descoberto, em 1974, o DF não realizou investimentos na criação de novos reservatórios de grande porte em seu território. Isso ocasionou uma redução progressiva da margem de segurança disponível no reservatório para enfrentamento à estiagem sazonal.

Contudo, a disponibilidade excedente do sistema foi, ao longo dos anos, sendo destinada a novas regiões criadas no DF. Até mesmo cidades que eram abastecidas originalmente por outros sistemas foram ligadas ao Descoberto, como é o caso de Guará. O crescimento populacional e urbano nas áreas de atendimento, bem como as mudanças no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica que abastece o reservatório, não foram levados em consideração a contento.

Considerando que o volume produzido pela BHL D ao longo do ciclo hidrológico é suficiente para abastecer pouco mais do que o ano corrente, todo excedente deve ser armazenado, visando suprir período que ultrapasse um ano, de forma a não deixar seus usuários à mercê de variáveis hidrológicas, que são por natureza aleatórias, o que representa um alto risco à sociedade.

Países desenvolvidos como Austrália e Estados Unidos, que possuem áreas desérticas ou constantemente expostas ao risco de desabastecimento por escassez hídrica, projetam estruturas de reserva capazes de suprir períodos superiores aos seus ciclos hidrológicos, mesmo padrão do Reservatório Santa Maria no DF.

Portanto, deve-se considerar a pertinência de aproveitar o potencial desperdiçado do Sistema Descoberto, uma vez que anualmente a barragem verte águas no período chuvoso. Esse excedente que deixa de ser interceptado poderia ser retido para aumentar a margem de segurança do sistema. O aproveitamento se daria mediante adaptação da estrutura já existente, com a elevação de cota da ombreira da barragem. O reservatório se valeria dessa oferta hídrica natural excedente e mudaria de uma dinâmica anual para plurianual.

Dessa forma, aproveitar-se-ia a estrutura já existente, ampliando sua vida útil. Obviamente a efetivação de projeto semelhante requer uma diversidade de estudos de viabilidade, uma vez que importaria em aumento de carga sobre a barragem, inundação de faixa de terra, questões fundiárias, apenas para citar alguns elementos. Por semelhante modo, deve-se comparar o volume médio vertido anualmente ante o investimento necessário para aferir sua viabilidade econômica.

Para atender o aumento da demanda hídrica no DF, retratado no presente trabalho, está em fase de construção o sistema de abastecimento do Corumbá, situado no Estado do Goiás. Suas águas serão aduzidas ao DF por bombeamento. No entanto, a diferença altimétrica e a distância entre a captação e a área a ser atendida tornam sua operação dispendiosa. Deve-se questionar se os custos com a construção e a operação desse novo sistema não são desvantajosos em comparação a outras soluções que aumentem a oferta e reduzam o consumo.

Uma forma de ampliar a oferta de água na bacia seria com a promoção de boas práticas de uso e ocupação do solo. Em parte, o Projeto de Compartilhamento Otimizado citado no item 1.4, que tem como objetivo principal a regularização dos usos de água e alocação dos recursos hídricos, buscou fazer isso por meio de parcerias com órgãos e entidades públicos.

Com o auxílio da Secretaria de Agricultura e da Emater-DF, foram criados bolsões para acúmulo de águas de chuva, realizados terraceamentos e construídos reservatórios de irrigação. Além disso, o Projeto Descoberto Coberto, conduzido pela Adasa, tem empreendido o reflorestamento de áreas degradadas na região, o que aumenta a capacidade de retenção dos aquíferos.

Por outro lado, é preciso atuar no âmbito da redução da demanda hídrica. Nota-se a necessidade de políticas de fomento à eficiência hídrica, tanto por parte dos usos produtivos de recursos hídricos existentes a montante na bacia, quanto na rede de distribuição urbana.

Conforme descrito no item 1.3, a maioria dos sistemas de irrigação da bacia é de aspersores tradicionais. O emprego de tecnologias hidrológicamente mais econômicas, amplamente disponíveis no mercado, poderia reduzir o consumo de água significativamente. Na rede urbana de distribuição, o emprego de técnicas de reúso de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais para usos que não requerem água potável, mas para os quais tradicionalmente se utiliza água tratada, também diminuiria a pressão sobre o manancial.

A efetivação dessas medidas permitiria que o Reservatório do Descoberto, em vez de funcionar em ciclos de reservação anuais, passasse a atuar de forma plurianual. Sua capacidade aumentada permitiria maior espaço de manobra, destinando suas águas até mesmo para outras áreas mediante a interligação da rede de distribuição do DF, que vem sendo empreendida pela Caesb.

Outra falha verificável no planejamento do sistema foi o fato de não se considerarem cenários de pluviosidade e vazões abaixo das mínimas históricas no planejamento do uso do reservatório frente à crescente demanda. Análises que se baseiam apenas em dados passados tendem a ficarem defasadas, principalmente, em sistemas dinâmicos como os relacionados aos recursos hídricos. Análises preditivas devem considerar cenários excepcionais, inclusive de pior caso possível.

A metodologia atualmente adotada para a emissão de outorgas no Distrito Federal, disposta no Plano de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos do DF (PGIRH) estabelece vazões específicas para as bacias hidrográficas. Essas vazões correspondem às médias das mínimas registradas na série histórica.

Contudo, esses valores são estáticos. Não há a previsão de situações hidrológicas críticas, tampouco disposições que projetem a adequação desses valores ao longo do tempo. Considerando a tendência de redução da pluviosidade e das vazões afluentes durante a estiagem verificada nos gráficos, é recomendável que futuros instrumentos de planejamento se atentem à dinâmica desses fatores.

Por semelhante modo, sugere-se que, em vez de vazões específicas, os planos de recursos hídricos concebam cenários distintos para a distribuição das cotas de água. Dessa maneira, o uso dos recursos hídricos se adequariam à realidade de cada ano hidrológico, em vez de basear-se em dados da série histórica, alguns dos quais sequer têm sido observados, como nos casos das vazões antigas do Rio Descoberto em comparação às atuais, ao passo que anos hidrológicos atípicos ou críticos ocorridos após o plano sequer são considerados na gestão, por não haver critérios para reajuste dos parâmetros, como apontado acima.

O processo de alocação negociada atualmente praticado na bacia de contribuição do Reservatório do Descoberto também precisa ser aprimorado. O programa funciona apenas durante os meses de estiagem, monitorando os dados hidrológicos e pactuando restrições com os produtores rurais. No entanto, por meio de ferramentas de modelagem seria possível acompanhar os dados de chuva no âmbito do processo de alocação para tentar antecipar a disponibilidade hídrica para a agricultura de antemão, de maneira que os produtores tivessem ciência do tipo de ano hidrológico que enfrentarão, como será a estiagem e planejando seu plantio irrigado de acordo com as condições da bacia hidrográfica para o período.

Muitas das questões apontadas acima se devem à morosidade do estamento burocrático, sob o qual está a gestão da água. O arranjo institucional típico de órgãos e entidades públicas se caracteriza como top-down. Isto é, decisões são tomadas por agentes políticos, a partir de escritórios, baseados em planos extensos e muitas vezes defasados. As vazões específicas utilizadas para concessão de outorgas no Descoberto em comparação às verificadas demonstra isso.

A resolução desse problema passa pela adoção de medidas de planejamento e gestão bottom-up. Ou seja, deve-se buscar metodologias que captem as tendências verificadas no sistema gerido. Essas tendências estão presentes tanto no ambiente quanto nos fatores que incidem sobre ele, como os socioeconômicos.

Essa diretriz pode ser verificada na definição de gestão integrada de recursos hídricos da Global Water Partnership (2000):

A Gestão Integrada de Recursos Hídricos é um processo que promove a coordenação desenvolvimento e gestão da água, terra e recursos relacionados, a fim de maximizar a resultante bem-estar econômico e social de maneira equitativa sem comprometer a sustentabilidade da vitalidade ecossistemas.

Deve-se mencionar que após o evento inédito que foi o período crítico examinado na presente obra, devido à redução das retiradas no reservatório do Descoberto mediante racionamento e chuvas mais volumosas no período subsequente, os níveis de reservação do sistema encontram-se atualmente normalizados, conforme figura 36.

Figura 36 – Níveis do Reservatório do Descoberto em 2018



Fonte: Adasa

No entanto, a margem restrita de operação anual ao qual a estrutura está hoje submetida, o eventual aumento da frequência de anos hidrológicos críticos com pluviosidade excepcionalmente baixa, o crescimento das intervenções antrópicas no meio ambiente e o aumento do consumo podem deflagrar novas crises semelhantes ou mais severas.

Pelas informações analisadas na dissertação, pode-se caracterizar a crise hídrica enfrentada pelo Distrito Federal como uma “tragédia dos comuns”. Esse tipo de situação é configurado por indivíduos agindo independentemente, considerando apenas seus interesses, agindo contra os melhores interesses do sistema, levando ao exaurimento de recursos compartilhados, no caso a água.

Isso se deveu à falta de coordenação entre os agentes do sistema, cuja demanda veio em um crescente durante o período passado de alta disponibilidade hídrica, expostas as falhas do referido sistema com o advento de uma mudança súbita de cenário. O evento exibiu a incipiência dos mecanismos de gestão dos recursos hídricos e a necessidade de melhorias contínuas e céleres.

## 6 CONCLUSÕES

A tônica do presente trabalho foi analisar dados oriundos de variáveis diversas concernentes à área de estudo, extrapolando o campo hidrológico, em busca de pontos de contato com as demais dinâmicas que se desdobram na área de estudo. Em especial, chama-se a atenção para a comparação entre dados de monitoramento hidrometeorológico e dados da prestação do serviço de abastecimento e demográficos. Via de regra, essas esferas são tratadas de forma separada dentro da lógica do Estado brasileiro, com legislações e órgãos distintos, com competências específicas, que muitas vezes não se retroalimentam.

Dessa forma, a abordagem adotada nesta dissertação busca introduzir um contraponto à perspectiva tradicionalmente adotada, caracterizada como formalista, institucionalista, estática e compartimentalizada. Essa configuração não é adequada à gestão dos recursos hídricos. Isso se reveste de especial relevância quando considerado à luz do crescente dinamismo que as variáveis que cercam o uso da água têm apresentado bem como à incerteza inerente ao tema.

Tais fatores apontam de forma explícita para a necessidade da adoção de novos arranjos institucionais que vão além da mera busca binária pelo cumprimento de dispositivos constantes em atos normativos. A realidade se sobrepõe às fórmulas idealistas próprias do campo jurídico-institucional, demandando que gestores de recursos hídricos se adequem aos cenários a eles apresentados.

A escassez hídrica severa vivenciada pelo Distrito Federal deve servir como uma chamada aos atores envolvidos com o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos para que se implemente uma política de constante aperfeiçoamento dos seus instrumentos, bem como a busca pela efetividade sobre o mero formalismo.

A agregação de variáveis típicas do campo socioeconômico, como a demografia apresentada nesta obra, ou outras não abordadas aqui, como as mercadológicas, é preponderante para a compreensão global do sistema que se utiliza dos recursos hídricos considerado desde a bacia hidrográfica até as torneiras de cada residência e aspersores que irrigam produções agrícolas.

A presente dissertação serve, portanto, como provocação aos agentes públicos para compreenderem que o crescimento demográfico e os novos cenários hidrológicos identificados no meio ambiente são o novo paradigma e que a utilização de novas metodologias para fazer frente a essas mudanças é preponderante.

Acredita-se que os próximos passos para o aperfeiçoamento da gestão dos recursos hídricos por parte dos órgãos e entidades públicos com tal responsabilidade repousa na adoção de equipamentos cada vez mais modernos, que permitam a coleta de dados cada vez mais precisos e densos. Esses insumos possibilitam abordagens que vão além da mera análise descritiva, como é de praxe, rumo a análises preditivas (cenários), que subsidiarão análises prescritivas assertivas.

É mister que o Estado compreenda as implicações gravíssimas envolvidas em eventuais estresses hídricos. Deve-se buscar análises que identifiquem de antemão as incertezas e os riscos associados ao uso dos recursos hídricos, adotando tempestivamente soluções que evitem ou mitiguem o prejuízo à vida humana e ao desenvolvimento socioeconômico.

Por semelhante modo, uma gestão dos recursos hídricos feita de maneira eficiente também serve como alavanca para a prosperidade da região do Distrito Federal, que demonstra potencial produtivo no campo agrícola, indo além do lugar comum de meramente abrigar estruturas cívicas.

Uma proposta, baseada nos dados coletados e analisados nesta obra, é a busca por uma modulação efetiva das retiradas a partir dos sistemas de abastecimento. Como visto nos capítulos anteriores, as medidas de gestão foram drásticas. Apenas mediante o risco de colapso que se adotaram restrições no consumo, ainda assim por meio de racionamento.

Entende-se que o ideal seria uma redução gradual das retiradas, acompanhando eventuais diminuições dos volumes de entrada. Paralelamente a isso, devem-se buscar formas de melhorar a eficiência hídrica nos pontos de uso da água, em especial com campanhas de educação, que visem conscientizar o consumidor acerca da escassez dos recursos hídricos.

Por semelhante modo, também foi possível aferir durante as campanhas oriundas do projeto de alocação de água na bacia contribuinte ao reservatório do Descoberto que grande parte dos usos consumptivos, para produção agrícola, apresentam sistemas rudimentares, que se utilizam de aspersores tradicionais, com índices de perda elevados em comparação com a microaspersão e o gotejamento.

Políticas de fomento a essas mudanças são bem-vindas e devem ser priorizadas, uma vez que os cenários de mudanças climáticas futuros apontam para o incremento da incerteza sobre os padrões de chuva, bem como a expansão da área urbana nos grandes centros ameaça as condições de retenção da água nos mananciais.

Outra ação que seria bem-vinda na redução do consumo de água no Distrito Federal seria o incentivo à utilização de fontes alternativas de abastecimento. Diretriz adotada pelo Conselho Econômico e Social da Organização das Ações Unidas indica que águas de qualidade superior não devem ser aplicadas em usos que tolerem águas de qualidade inferior.

Dessa maneira, o emprego de água tratada, provida pela rede de abastecimento público da concessionária, em atividades como lavagem de piso, descarga e irrigação constitui-se em uma prática pouco eficiente. Tais usos podem ser supridos por meio de sistemas alternativos, como os de Reúso de Águas Cinzas – RAC e de Aproveitamento de Águas Pluviais – AAP.

Para orientar a aplicação dessas soluções no Distrito Federal, a Adasa editou a Resolução n.º 3, de 20 de março de 2019, que estabelece diretrizes para a implantação e operação de sistemas prediais de águas não potáveis. Porém, conquanto a iniciativa seja oportuna, faltam mecanismos de fomento que visem proporcionar a mudança de comportamento dos usuários. Medidas como isenções tributárias e outras formas de subsídio podem se revelar mais efetivas e econômicas do que a construção de novos reservatórios públicos.

Finalmente, deve-se reconhecer que a mudança do perfil originalmente concebido para a região é uma realidade. Hoje, o DF é uma metrópole com milhões de habitantes. Provavelmente, o principal polo de desenvolvimento na região central do vasto território continental do Brasil, estrategicamente posicionado no centro-oeste da nação. Esses fatores, combinados às características hidrológicas explicitadas, requerem que a gestão dos recursos hídricos do Distrito Federal esteja sempre em busca de evolução e excelência para fazer frente aos desafios que o futuro reserva.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Quantidade de água Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019, 18:18.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos. Brasília, 2014.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL - ADASA. Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Brasília: Ecoplan, 2011.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL -ADASA. Banco de dados hidrometeorológicos. Brasília, 2018.

BERTAUD, A.; MALPEZZI, S. The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition. Wisconsin: The Center for Urban Land Economics Research. The University of Wisconsin, 2003.

CAMPOS, J. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Revista Brasileira de Geociências, Rio Claro, Volume 34, 2004.

CHIAVENATO, I.; SAPIRO, A. Planejamento Estratégico. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL–CODEPLAN. Atlas do Distrito Federal. Brasília, 2017

CÔRREA, N. ET AL. Barragem do Rio Descoberto – Técnica de Recuperação “In The Wet”. Brasília, 2002.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO DISTRITO FEDERAL – EMATER-DF. Informações Agropecuárias do Distrito Federal. Brasília: 2018

FERRIGO, S. Análise de Consistência dos Parâmetros do Modelo Swat Obtidos por Calibração Automática – Estudo de Caso da Bacia do Lago Descoberto – DF. Brasília: UnB, 2014.

FETTER, C. Applied Hydrogeology. New Jersey: Prentice-Hall, 2001.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP. TAC background papers no. 4 - Integrated Water Resources Management. Estocolmo, 2000.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL - GDF. Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica. Brasília, 2017.

IBIAPINA A. ET AL. Evolução da Hidrometeorologia no Brasil, O Estado das Águas no Brasil - 1999, ANEEL-SIH, MMA-SRH, MME, Brasília/DF, Brasil, pag 121 - 137.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP. Brasília, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal – PRODES. São José dos Campos, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Estimativa Populacional 2017. Rio de Janeiro, 2017.

KELMAN, J. Outorga e Cobrança de Recursos Hídricos, 2000. Disponível em: <<http://guiadamonografia.com.br/tipos-citacao/>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

KHANNA, J.. ET AL.. Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. Nature Climate Change vol. 7, 200–204, 2017.

KOBIYAMA, M. ET AL. Curso de Capacitação em Hidrologia e Hidrometria para Conservação de Mananciais. Florianópolis: UFSC, 2011.

LOUCKS, D.; VAN BEEK, E. Water Resources Systems Planning and Management. Paris: Unesco, 2005.

MANCINI, G. Avaliação dos custos da urbanização no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). UnB. Brasília, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite. Brasília: MMA, 2011.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA.  
Upper Atmospheric Temperatures. 2011

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA.  
Global Surface Temperature Anomalies. 2012

NOBRE, A. O futuro climático da Amazônia: relatório de avaliação científica / Antonio Donato Nobre. –São José dos Campos, SP: ARA: CCST-INPE: INPA, 2014

OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. Revista Brasileira de Estudos Populacionais, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 277- 300, jul/dez - 2007.

OLIVEIRA L., CANELLAS A. Importância de dados Hidrometeorológicos Confiáveis no Gerenciamento de Recursos Hídricos. Simpósio de Gestão de Recursos Hídricos de Gramado, Gramado: 1999.

PAVIANI, A. Brasília no Contexto Local e Regional: Rurbanização e Crise. Rio de Janeiro: Território (UFRJ) v. VII, p. 63-76, 2003.

PRUSKI, F.; SILVA, D.; TEIXEIRA, A.; CECÍLIO, R.; SILVA, J.; GRIEBELER, N. Hidros: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006.

RODRIGUES, M. Controle de qualidade on-line de dados hidrológicos teletransmitidos. 2002, 157 f. Dissertação. (mestrado em ciências em engenharia da energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2002.

STEINBECK, J. East of Eden. New York City: Viking Press, 1952.

SUGAI, M. ET AL. A Importância do Monitoramento na Gestão de Recursos Hídricos. Gramado, RS, 1998.

TUCCI, C. Hidrologia: ciência e aplicação. 4.ed. Porto Alegre: ABRH/ UFRGS, 2001.

VISSMAN, J.; LEWIS, G. Introduction to Hydrology. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

YASSUDA. E. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 5-18, abr/jun, 1993.