



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

**ANÁLISE INTEGRADA DA SUSTENTABILIDADE DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO RIO DESCOBERTO E DO RIO PARANOÁ (DF), NO
PERÍODO ENTRE 2014-2018**

Lucas Peres Laboissiere

Brasília, junho de 2019

LUCAS PERES LABOISSIERE

**ANÁLISE INTEGRADA DA SUSTENTABILIDADE DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO RIO DESCOBERTO E DO RIO PARANOÁ (DF), NO
PERÍODO ENTRE 2014-2018**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade de
Brasília como requisito da disciplina de
Trabalho Final.

Prof. Orientador: Henrique M. L. Chaves

Brasília, junho de 2019

Resumo

Neste trabalho foi calculado o WSI – um índice de sustentabilidade de bacia simples mas robusto, desenvolvido por Chaves & Alipaz (2007), para o período entre 2014 a 2018, para as bacias hidrográficas do Rio Descoberto e do Rio Paranoá, visando orientar ações e projetos de gestão dos recursos hídricos no DF, e avaliar sua sustentabilidade como um todo. Essas duas bacias ocupam 32% da área total do Distrito Federal e têm em seus cursos d'água os maiores mananciais produtores de água do DF, responsáveis por abastecer, aproximadamente, 2,35 milhões de habitantes. Com dados secundários obtidos de agências, companhias, mapas, relatórios e planos, foi possível calcular os quatro indicadores do WSI: Hidrologia, Meio Ambiente, Vida e Políticas para as duas bacias, considerando o modo de análise “Pressão – Estado - Resposta”. Os valores do WSI foram de 0,58 para a bacia do Paranoá e 0,70 para a bacia do Descoberto, considerados resultados intermediários. Os parâmetros que apresentaram os menores valores, limitando a sustentabilidade das bacias, foram ‘Hidrologia/Quant/Pressão’, ‘Políticas/Estado’ e ‘Políticas/Resposta’. Esses resultados indicam que a sustentabilidade das bacias poderá ser aumentada se os gargalos que reduzem os valores desses três parâmetros forem reduzidos.

Palavras-chave: sustentabilidade, bacia hidrográfica, índice de sustentabilidade, Rio Descoberto, Rio Paranoá.

Abstract

Integrated analysis of the sustainability of the Descoberto river and Paranoá river basins, during the period 2014-2018

In this paper the WSI (Watershed Sustainability Index) - a simple but robust basin sustainability index – was calculated for the Descoberto River basin and the Paranoá River Basin (DF), in the period between 2014-2018, to assess their integrated sustainability and to evaluate the effectiveness of IWRM in the basins. The two basins occupy 32% of the total area of the Federal District, supplying water for 2.35 million inhabitants. With secondary data obtained from agencies, companies, maps, reports and plans, it was possible to calculate the four WSI indicators: Hydrology, Environment, Life and Policy for the two basins, in their "Pressure - State - Response" analysis modes. The calculated WSI were 0.58 for the Paranoá basin and 0.70 for the Descoberto basin, considered medium sustainability. The bottlenecks reducing both WSI were the parameters 'Hydrology/Quant/Press', and 'Policy'. Tacking the causes reducing these two parameters, the overall basin sustainability would be increased.

Keywords: Watershed, Sustainability index, Descoberto river, Paranoá river.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	6
1.1 Justificativa.....	9
1.2 Objetivos.....	10
2. Caracterização das bacias estudadas.....	11
2.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto.....	15
2.2 A Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá.....	16
3.	
Metodologia.....	18
3.1 Pressão.....	18
3.2 Estado.....	20
3.3	
Resposta.....	22
3.4 Calculando o WSI para as Bacias.....	23
3.4.1 Pressão.....	23
3.4.2 Estado.....	28
3.4.3	
Resposta.....	29
4. Resultados e discussão.....	29
4.1 Hidrologia.....	29
4.2 Meio Ambiente.....	33
4.3 Vida.....	34
4.4 Políticas.....	35
4.5 O WSI nas bacias do Descoberto e Paranoá.....	39

4.6 Discussão dos resultados.....	40
5. Conclusão.....	42
REFERÊNCIAS.....	43

1. Introdução

A ideia de sustentabilidade é recente para o ser humano, mas rapidamente se tornou muito importante, principalmente quando se questiona o modelo de desenvolvimento econômico seguido há séculos pela humanidade. Por isso, no ano de 1987, a Organização das Nações Unidas apresentou o Relatório Brundtland, que sugere e define o desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades das presentes gerações sem prejudicar a capacidade das futuras gerações de atenderem suas necessidades. Este modelo de desenvolvimento é caracterizado por 3 eixos independentes e mutuamente fortalecedores. O primeiro é o eixo ambiental, que a Constituição Federal de 1988 trata muito bem no artigo 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado...”. O segundo eixo é o da viabilidade econômica, sem a qual não existe crescimento econômico, e o terceiro é o eixo social, lembrando que o desenvolvimento sustentável precisa ser socialmente justo, combatendo as desigualdades e desrespeitos aos Direitos Humanos.

É raro encontrar-se um problema ambiental cuja origem de suas causas não se situe no meio social. Com efeito, é nas práticas do meio social que se encontra a explicação da maioria dos problemas ambientais. Na sua análise descobre-se que é no inter-relacionamento das práticas sociais sobre o meio físico natural que estão as explicações que permitem a compreensão do problema ambiental e sua totalidade (SETTI, 1996). A gestão integrada dos recursos hídricos tem por objetivo assegurar sua preservação, uso, recuperação e conservação em condições satisfatórias para os seus múltiplos usuários e de forma compatível com a eficiência e o desenvolvimento equilibrado e sustentável da região (YASSUDA, 1993).

Dias (2002) enfatiza que o “Desenvolvimento Sustentável seja a forma mais viável de sairmos da rota de miséria, exclusão social e econômica, consumismo, desperdício e degradação ambiental em que a sociedade humana se encontra”.

Visando estimar a sustentabilidade e suas dinâmicas, foram propostos índices como o Water Poverty Index – WPI (LAWRENCE et al., 2003) para estimar a escassez de água em diversos países do mundo, mas esse índice apresenta uma alta correlação com o IDH dos países. Uma variação do WPI é o Climate Variability Index – CVI (MEIGH & SULLIVAN, 2004) que estima a vulnerabilidade de

populações em relação à segurança hídrica. Mas estes dois índices não são específicos para bacias hidrográficas. Há ainda o Environment Sustainability Index - ESI (ESTY & LEVY, 2005), que também não é específico para bacias hidrográficas e usa 76 variáveis, o que o torna difícil de aplicar em países ou regiões com escassez de dados.

Portanto, para se analisar a situação da sustentabilidade especificamente de bacias hidrográficas, onde se observa melhor relações de causa – efeito e os resultados de ações tomadas são otimizados, Chaves & Alipaz (2007) propõem o Watershed Sustainability Index – WSI (ou Índice de Sustentabilidade de Bacias – ISB), um índice de sustentabilidade que integra aspectos da hidrologia, meio ambiente, vida e políticas na bacia estudada, e que será usado nesse trabalho. Além disso, o modelo do WSI considera três aspectos importantes para a interpretação dos resultados dos estudos feitos, sendo: Pressão, Estado e Resposta.

O modelo Pressão-Estado-Resposta é o marco ordenador mais utilizado na análise de estatísticas e indicadores da área ambiental e do Desenvolvimento Sustentável. Está fundamentado em um marco conceitual que aborda os problemas ambientais segundo uma relação de causalidade. Os indicadores desenvolvidos pelo modelo buscam responder a três questões básicas: o que está acontecendo com o ambiente (Estado); por que isso ocorre (Pressão) e o que a sociedade está fazendo a respeito (Resposta). CARVALHO & BARCELLOS, 2010.

A integração dos aspectos citados é importante pois, como dito anteriormente, os eixos da sustentabilidade são independentes mas mutuamente fortalecedores, portanto, para ter uma visão completa e que seja boa para a tomada de decisões com resultados otimizados, o WSI é um índice muito indicado.

Esse índice se apresenta como universal e de simples aplicação, incorpora relações de causa-efeito facilitando o entendimento dos resultados, e é matematicamente robusto, sendo que os 4 indicadores (hidrologia, meio ambiente, vida e políticas) têm o mesmo peso no cálculo do WSI, o que pode reduzir as lacunas por falta de dados, enviesamento e considerando o respeito pelos indicadores, que têm a mesma importância na sustentabilidade geral. Os indicadores variam de 0 a 1 e por meio de tabelas com escalas tem-se cinco pontuações base (0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; sendo 0 a pior situação e 1 a melhor situação) para classificar cada aspecto. Além disso o índice usa um modelo linear que cria um efeito de compensação para possíveis erros em cada indicador. Os indicadores usados no WSI foram selecionados levando em conta: disponibilidade dos dados (facilidade de

acesso, disponibilidade e consistência), se os dados são compreensíveis (facilmente entendido por leigos), convincentes (válido e confiável), relevante (reflete a dinâmica do manejo e é capaz de mensurar suas mudanças) e integrado (abrange esfera ambiental, social e econômica).

Algumas vantagens do WSI são notadas como: uso de dados simples e facilmente obtidos, é de fácil entendimento, confiável, significativo, pois reflete o comportamento real dos componentes, e é integrado. Algumas desvantagens seriam a limitação do tamanho da bacia em que o WSI tem boa representatividade, os valores propostos são arbitrários, baseados nos limites dos parâmetros, os parâmetros de resposta da hidrologia são qualitativos e o parâmetro de estado das 'Políticas' também qualitativo, mas essas características não são um problema ao se fazer uma boa leitura da situação desses pontos na realidade da bacia.

As bacias alvo do presente estudo são aptas à aplicação do WSI pois conforme recomendação, têm áreas menores do que 2500 km² e o horizonte temporal de dados analisados é de 5 anos, de 2014 a 2018. As bacias hidrográficas do Rio Descoberto e do Rio Paranoá representam, em área, 32,2% da área do Distrito Federal, e ainda incluem as regiões mais populosas do DF, com 2.034.693 habitantes¹ do total de 2.974.703 habitantes². Além disso, essas bacias hidrográficas são responsáveis por escoar água para duas importantes fontes de abastecimento público: o Lago Descoberto e o Lago Paranoá, cujos sistemas de captações abastecem aproximadamente 2,35 milhões de pessoas no DF (aproximadamente 79% da população total).

Pode-se então caracterizar como fundamental a boa gestão dos recursos hídricos e os fatores que influenciam na sustentabilidade das bacias, assim descreve o Plano de Recursos Hídricos do Rio Paranaíba:

O rio Descoberto, que faz o limite entre Goiás e o Distrito Federal e deságua no reservatório da UHE Corumbá IV, recebe expressiva carga de efluentes provenientes da maior estação de tratamento de esgotos do Distrito Federal (ETE Melchior) através de seu principal afluente, o rio Melchior. Em virtude da crescente demanda de água no Distrito Federal e entorno, o reservatório da UHE Corumbá IV tem sido apontado como principal alternativa de abastecimento da região, tendo sido já iniciadas as obras de uma adutora em 2011. Neste contexto, o rio Descoberto terá grande importância para o abastecimento de uma população estimada em 2 milhões e meio de habitantes, o que aponta uma potencial disputa entre o abastecimento

1 Populações das bacias e abastecidas estimadas para 2018 segundo dados da CODEPLAN, 2015

2 População total do DF estimada pelo IBGE, 2018

urbano e as causas da má qualidade da água nesta região. ANA, 2013, p.121

Ainda segundo o Plano, as unidades de gestão hídrica que necessitam de mais investimentos são exatamente a do Lago Paranoá e do Descoberto, devido ao aumento da demanda e à situação ruim do saneamento ambiental no entorno de Brasília.

Além disso, a evolução do uso do solo do Distrito Federal tem mostrado a substituição da cobertura vegetal pelo uso agrícola e urbano, onde o Cerrado, o bioma que representa o DF, teve cerca de 74% de sua área ocupada por outros usos num período de quatro décadas (SILVA & NETO, 2008).

1.1 Justificativa

O Distrito Federal é um dos divisores naturais de três das principais bacias hidrográficas do Brasil: a Bacia do Paraná ou Prata, a Bacia do São Francisco e a Bacia do Tocantins-Araguaia, devido à estrutura do relevo de planalto, e fazendo com que o DF tenha uma área de drenagem bastante uniforme (SILVA & NETO, 2008), ainda segundo esses autores, muitos dos problemas ambientais do DF são relacionados aos recursos hídricos:

No Distrito Federal, os problemas voltados à utilização do solo com interferência direta ou indireta no meio ambiente são: drenagem urbana; abastecimento público; poluição dos corpos d'água; transmissão de doenças relacionada ao uso de água poluída que contribui para elevar os gastos públicos com saúde; uso descontrolado das águas subterrâneas e sua contaminação; retirada da cobertura vegetal pelo aumento da ocupação humana e aumento das atividades de agricultura e de mineração que geram focos de erosão, contribuindo para o deslocamento de sedimentos aos corpos d'água, gerando assoreamento e poluição; conflito de água entre setores urbanos e rural, que estão relacionados, respectivamente, ao consumo humano (social) e ao desenvolvimento agrícola (econômico); uso não controlado da quantidade de água na irrigação devido à falta de controle quantitativo do recurso e uso inadequado de práticas de irrigação; poluição de água e solo devido ao uso indevido e mau monitoramento de produtos químicos e efluentes de origem animal nas áreas rurais; deficiência no monitoramento quantitativo dos recursos hídricos por parte do setor público que dificulta a avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos; além de outros problemas ligados à proteção ambiental das Unidades de Conservação do Distrito Federal e à proteção de mananciais, de matas de galeria e de áreas verdes de bacias hidrográficas que contribuem diretamente para redução da quantidade e da qualidade de água.

Em janeiro de 2017 as regiões abastecidas pelo reservatório do Descoberto entraram em regime de racionamento, com um dia por semana sem abastecimento, e em fevereiro do mesmo ano as regiões abastecidas pelo reservatório de Santa Maria entraram no mesmo regime. Essa decisão foi tomada quando o reservatório

do Descoberto chegou ao nível mais baixo de sua história devido à falta de chuvas no ano de 2016, que foram bem abaixo da série histórica. Em outubro de 2017, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal começou a cobrar dos consumidores uma tarifa de contingência de 20% para investimentos em campanhas de conscientização, intensificar a fiscalização sobre usos irregulares da água e substituir redes com vazamento. O racionamento durou até junho de 2018, sendo dezessete meses em que a população lidou pela primeira vez com a escassez de água no DF (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2018).

Por 17 anos não houve, em Brasília, obras de ampliação da rede de abastecimento de água. Depois da última crise hídrica (2017-2018) foram implantadas a estação de tratamento de água do Lago Norte, que capta e trata água do Lago Paranoá, o subsistema produtor de água do Bananal, foram interligados os dois sistemas produtores de água permitindo transferência do Santa Maria-Torto para o Descoberto, e foram feitos avanços nas obras do sistema Corumbá, que vai reduzir a situação de estresse hídrico no DF (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2018).

Está previsto para os próximos 20 anos que o Distrito Federal passará por um problema sério com relação à água. Com o crescimento desordenado da Capital Federal, percebe-se a exaustão dos recursos hídricos, devido à ocupação desordenada do solo, junto à ineficiência das políticas públicas (SILVA & NETO, 2008).

1.2 Objetivos

Para uma análise ampla da sustentabilidade das bacias do rio Descoberto e do rio Paranoá, o objetivo geral do presente foi aplicar o Índice de Sustentabilidade de Bacias (WSI) em ambas as bacias, no horizonte temporal delimitado, e os objetivos específicos de: i) avaliar a eficácia da gestão integrada dos recursos hídricos e ambientais, e seus impactos, ii) estimar a sustentabilidade integrada das bacias, iii) identificar atuais e potenciais gargalos que limitam a sustentabilidade, e iv) orientação de futuras ações para a gestão integrada das duas bacias.

2. Caracterização das bacias estudadas

Ambas as bacias se encontram no Distrito Federal, estando a do Paranoá totalmente dentro do DF, e a do Descoberto foi analisada somente quanto á sua porção (quase totalidade) que está nos limites do DF.

Quanto ao clima da região das duas bacias, a classificação de Köppen fica entre os tipos “tropical de savana” e “temperado chuvoso de inverso seco”, caracterizado pela existência bem nítida de duas estações: uma chuvosa e quente, de outubro a abril, e outra fria e seca, de maio a setembro (HIDROGEO, 1990 apud MARTINS, 2000).

A temperatura média anual varia de 18° a 22°C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com média superior acima de 22°C. O mês de julho é o mais frio, com temperaturas médias de 16° a 18°C (ECHEVERRIA, 2007). A umidade relativa do ar no início da seca é de 70% e nesse período fica abaixo de 20%. O regime de chuvas no DF apresenta sazonalidade e distribuição espacial interessantes pois o nível de precipitação apresenta relação direta com a variação de altitude, as regiões com maior precipitação são o Sudoeste e Noroeste do DF, com média de 1000 a 1700mm por ano (MENEZES, 2010). A área do lago Paranoá apresenta os menores índices pluviométricos (FERRANTE et al., 2001).

Os solos do Distrito Federal são resultado do intemperismo de rochas proterozóicas dos grupos Paranoá, Araxá, Canastra e Bambuí. As três classes de solos mais importantes do DF são: Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos (DIAS, 2011). Esses três tipos correspondem à 85,5% da área do DF, sendo: 54,50% de Latossolos (38,92% de Latossolos Vermelhos e 15,58% de Latossolos Vermelho-Amarelos), e os Cambissolos são 30,98% da área do DF (REATTO et al., 2004). As características destes solos são descritas a seguir:

- Latossolos vermelhos: Ocorrem nos topos das chapadas, divisores de bacias com topos planos, na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 2001). São solos não-hidromórficos, com horizonte A moderado e horizonte B latossólico, com textura argilosa ou média. São muito porosos, permeáveis e fortemente drenados. Também são álicos e muito ácidos. São solos espessos, com fraca distinção entre os

horizontes, pouco férteis e com evolução antiga (REATTO et al., 2004). A vegetação mais comum é Cerrado e Cerradão.

- Latossolos Vermelho-Amarelos: Ocorrem principalmente nas bordas de chapadas e divisores, em áreas planas, abaixo dos topos da Chapada da Contagem, sempre próximo à classe dos Latossolos Vermelhos. A distinção entre os dois tipos se dá pela cor do horizonte B, que nesta varia de vermelho à amarelo, matiz 2,5 YR ou mais amarelada. A vegetação mais comum é de Cerrado sentido restrito, campo limpo e campo sujo (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 2001).
- Cambissolos: Estão mais presentes nas vertentes das bacias dos rios Maranhão, Descoberto e São Bartolomeu e nas encostas com declividades maiores, na depressão do Paranoá e na bacia do rio Preto (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 2001). São solos pouco desenvolvidos, com horizonte B incipiente, no qual alguns minerais primários e fragmentos líticos facilmente intemperizáveis ainda existem (REATTO et al., 2004). A vegetação mais comum é de campo limpo.

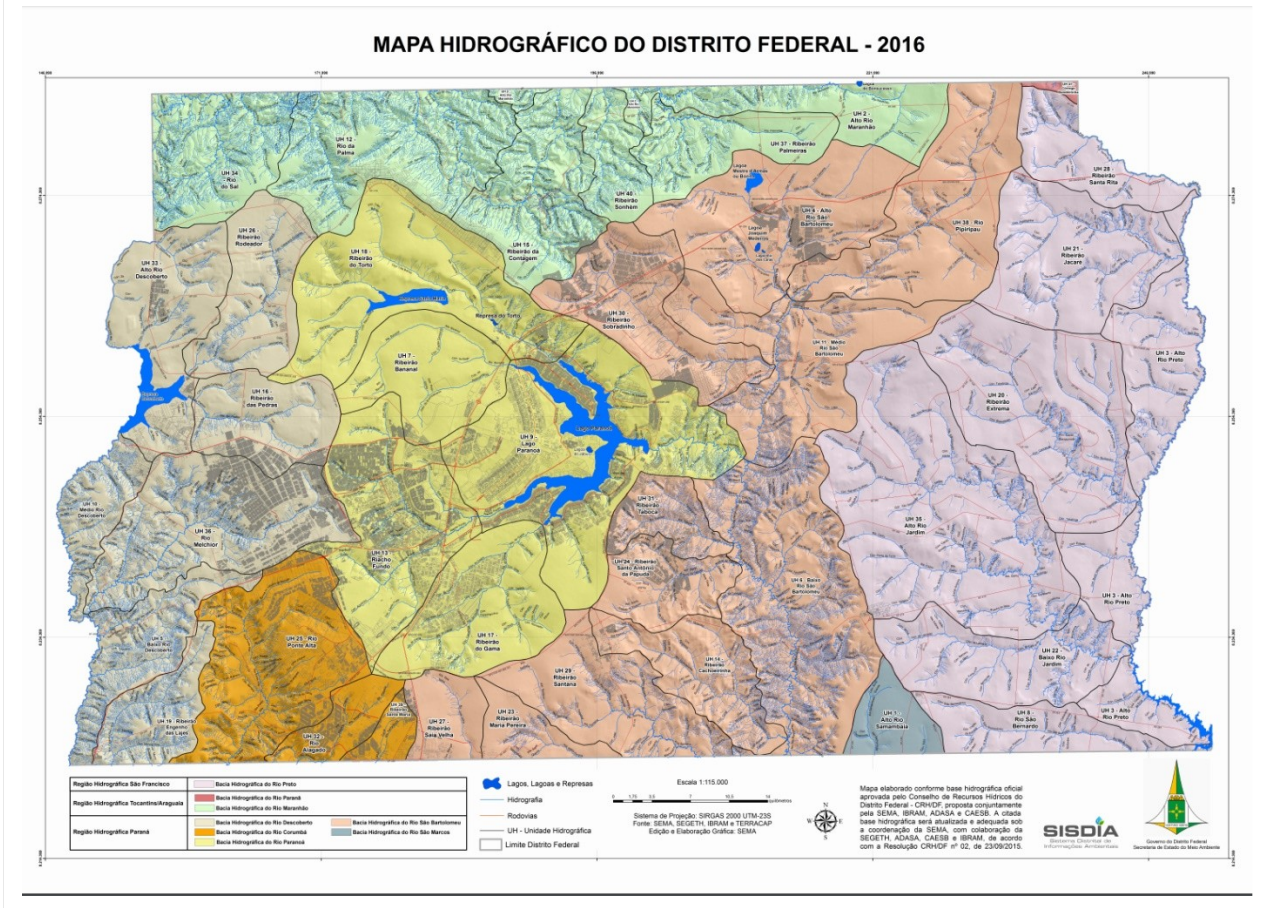
A vegetação típica do DF é o Cerrado (GDF, 2010) incluindo as fitofisionomias: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado, cerradão, matas ciliares, matas mesófilas e veredas. Seguindo a descrição de cada uma (DIAS, 2011):

- Campo limpo: se destacam as gramíneas e herbáceas, com raros arbustos e ausência de árvores. Situam-se em solos arenosos, rasos e duros, nos quais ocorre deficiência de água durante a seca. É encontrada com mais frequência nas encostas, chapadas, olhos d'água, ao redor de veredas e nas bordas de matas de galeria.
- Campo sujo: é comum encontrar arbustos distribuídos de forma esparsa, apresenta vegetação herbáceo-arbustiva.
- Campo Cerrado: apresenta árvores com aproximadamente 3 metros de altura e bem espalhadas. Pode ter alta densidade de herbáceas com destaque às gramíneas. É o meio termo entre Campo sujo e Cerrado típico.

- Cerrado: tem uma camada arbórea descontínua atingindo até 8 metros de altura, cobrindo de 10% a 60% da superfície, e o estrato herbáceo-arbustivo muito diversificado, com cobertura de até 95%.
- Cerradão: uma formação florestal, com fechamento do dossel em torno de 70%, com vegetação exuberante, espécies arbóreas de 15 metros podendo chegar a 20 metros de altura. E as limitações de luminosidade ainda possibilitam a existência dos estratos arbustivo e herbáceo.
- Mata de Galeria: se desenvolvem no fundo de vales, ficando mais próximo dos lençóis freáticos. Árvores com altura de 9 a 17 metros e largura variável em função das condições edáficas e de relevo. São importantes áreas de refúgio e corredores ecológicos (BRASIL, 1998).

Segundo o Mapa Hidrográfico do Distrito Federal (Sema – DF, 2016), que segue abaixo na Figura 1, o DF é formado por 40 Unidades Hidrográficas que formam 8 bacias hidrográficas pertencentes às Regiões Hidrográficas do São Francisco, Tocantins/Araguaia e do Paraná.

Figura 1. Mapa hidrográfico do Distrito Federal - 2016



Sabe-se que no Distrito Federal o maior consumo de água é para o uso urbano, cerca de 80% (ADASA, 2012). O consumo total de água no Distrito Federal tem oscilado. Entre 2013 e 2015 foram identificadas quedas anuais, enquanto, para o ano de 2016, observa-se um aumento no consumo de água em relação ao ano anterior, a redução no consumo de água em relação aos anos de 2013 a 2016 foi de aproximadamente seis milhões de metros cúbicos. O maior consumo total de água no Distrito Federal ocorre na Região Administrativa do Plano Piloto (em média 17% do total), seguido da Ceilândia (em média 11% do total), Taguatinga (em média 8% do total) e Águas Claras (em média 7 % do total) (CASTRO, 2018).

Em 2013, a situação da coleta e tratamento de esgoto é de 83,08% da população atendida, 8,57% sem coleta e sem tratamento e 8,34% com soluções individuais. A geração de 145492 kg DBO/dia, deixa um remanescente de 26691 kg DBO/dia, sendo que todas as estações de tratamento de esgoto têm uma média de remoção de DBO acima de 75% (Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos).

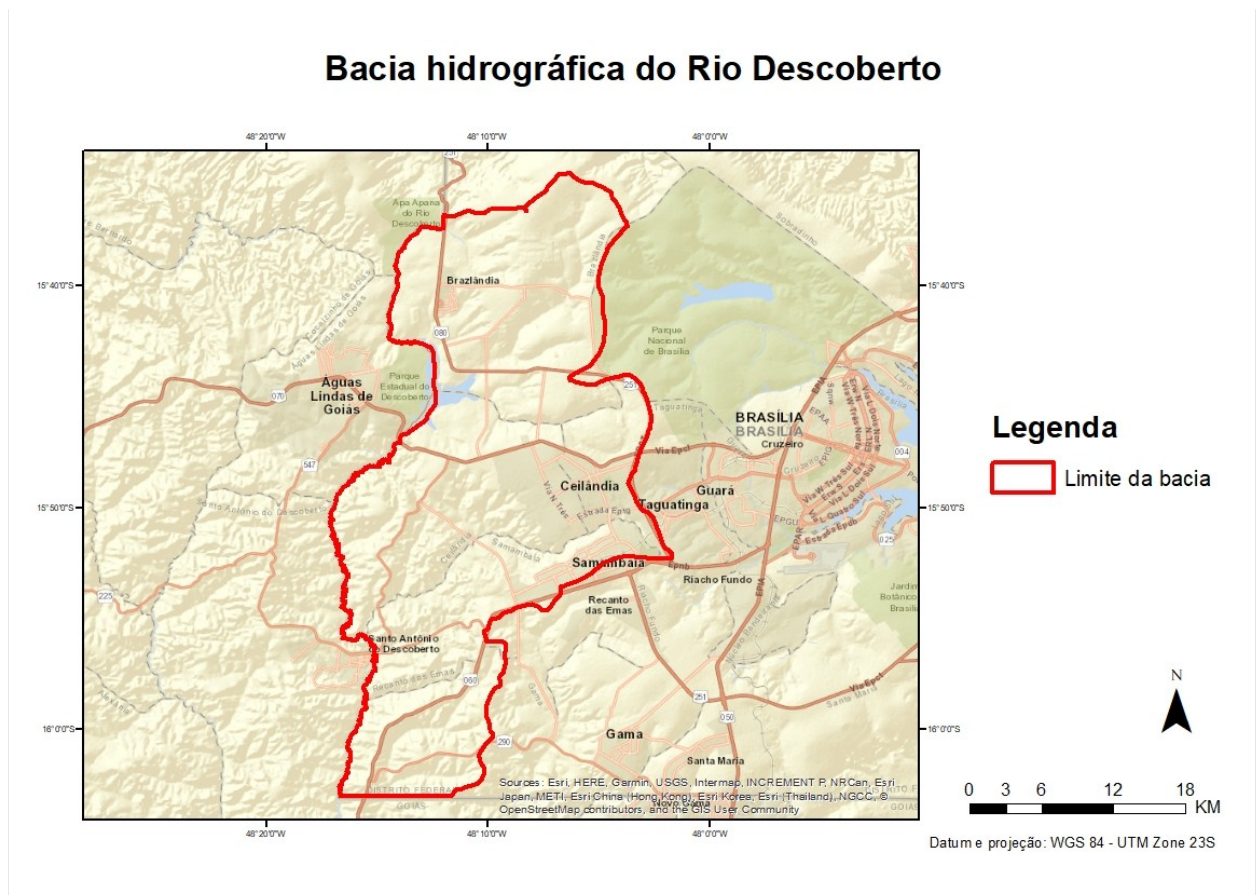
O Distrito Federal tem cerca de 45% do seu território composto de áreas legalmente protegidas na forma de diferentes unidades de conservação (CARDOSO et al., 2001). A maioria dessas áreas foram implantadas na década de 90 como tentativa de controle do processo de ocupação urbana que se instalava (DIAS, 2011).

São unidades de conservação federais que cobrem total ou parcialmente as bacias estudadas neste trabalho: Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu, Área de Relevante Interesse Ecológico Capetinga – Taquara, Floresta Nacional de Brasília, Parque Nacional de Brasília, Área de Proteção Ambiental do Planalto Central, Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Descoberto e a Reserva Biológica da Contagem (IBRAM, 2014). Encontra-se ainda, segundo mapas feitos na elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal, outras unidades de conservação que coincidem com as bacias do Paranoá e Descoberto: Reservas Biológicas do Descoberto, do Cerradão e do Guará, e Estação Ecológica do Jardim Botânico, sendo essas de proteção integral. De uso sustentável são 49 parques dentre Parques Ecológicos, Parques Urbanos, Parque Enseada e Parque Vivencial, totalizando só estes últimos uma área de 5327,5 hectares.

2.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto

A bacia do Descoberto se encontra no extremo oeste do DF, fazendo fronteira com o Goiás (figura 2), entre as latitudes 15° 36' 00" S e 16° 05' 00" S e as longitudes 48° 18' 00" W e 48° 06' 00" W (CARMO et. al, 2005).

Figura 2. Mapa da Bacia hidrográfica do Descoberto



É a região mais povoada do DF, incluindo total ou parcialmente as Regiões Administrativas de Ceilândia, Taguatinga, Samambaia, Brazlândia, Recanto das Emas e Gama, com o total de 1.090.053 habitantes, estimados em 2018. Segundo Sousa et. al (2009), 33% da área da bacia do Descoberto é ocupada por agricultura, 29% de cerrado remanescente e 14% de áreas urbanas.

Quanto à geomorfologia e solos, segundo Campos et. al (1978, apud SOUSA et. al, 2009) a bacia hidrográfica do rio Descoberto formou-se em sua maior parte sobre o Grupo Paranoá (Idade Meso/Neoproterozóico) e sobre o Grupo Araxá (Idade Neoproterozóico). A região é uma área de grande relevância ecológica para abrigo de ecossistemas representativos do bioma Cerrado, por isso foi criado em 1983 a Área de Proteção Ambiental do Rio Descoberto, com uma área de 44.500 ha (SOUSA et. al, 2009).

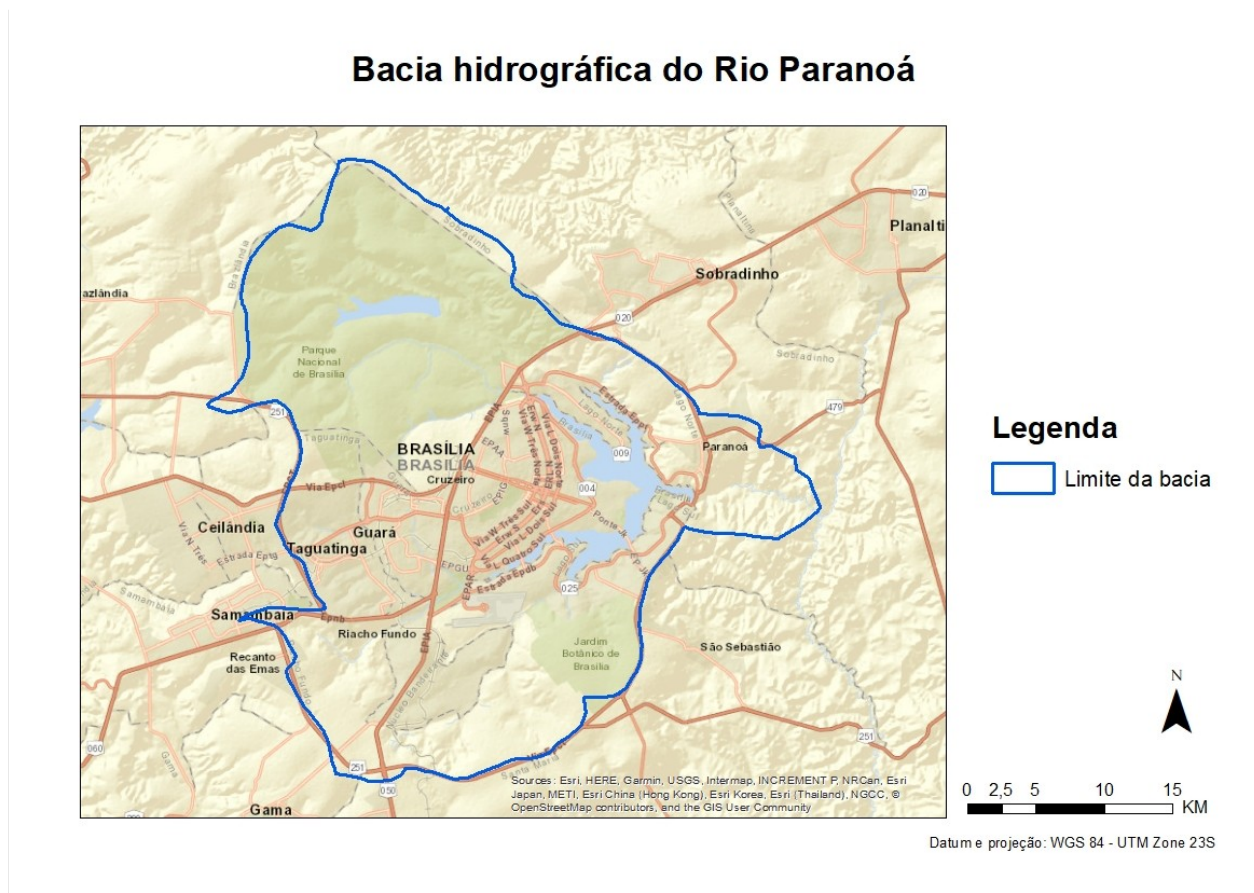
A bacia escoa uma área total de 801,17km² e forma o rio Descoberto como principal curso d'água, o qual é represado ainda na unidade hidrográfica do Alto Descoberto, formando o lago Descoberto, um dos principais mananciais produtores do DF, com área alagada de aproximadamente 12,55 km² e volume útil de 86,0 hm³

na cota 1030m (GDF, 2017). A bacia hidrográfica foi delimitada considerando as seguintes Unidades Hidrográficas componentes: Alto rio Descoberto, Médio rio Descoberto, Baixo rio Descoberto, Rio Melchior, Ribeirão das Pedras, Ribeirão Engenho das Lajes e Ribeirão Rodeador.

2.2 A Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá

O Lago Paranoá se encontra na região central do DF e sua bacia hidrográfica é responsável por drenar uma área de aproximadamente 1056,29km², a figura 3 demonstra a localização da bacia.

Figura 3. Mapa da Bacia hidrográfica do Paranoá



A bacia inclui total ou parcialmente as regiões administrativas de Brasília (Plano Piloto), Park Way, Jardim Botânico, Lago Sul, Lago Norte, Vicente Pires, Riacho Fundo I e II, SIA, Guará, Águas Claras, Núcleo Bandeirante, SCIA, Candangolândia, Sudoeste/Octogonal, Cruzeiro e Varjão. Além de incluir o Parque Nacional de Brasília e a Floresta Nacional de Brasília. A bacia é composta pelas Unidades Hidrográficas de: Riacho Fundo, Lago Paranoá, Ribeirão do Gama,

Córrego Bananal e Ribeirão do Torto, totalizando uma população residente na bacia de 944.640 habitantes, estimados para 2018.

Uma análise da geomorfologia da região nos traz que a bacia tem características de três macrounidades geomorfológicas (NOVAES PINTO, 1986), sendo:

- Região de Chapada: São áreas correspondentes a regiões de relevo plano ou levemente ondulado, com cotas acima de 1000m e presença de tipos litológicos atribuídos às unidades R3 e Q3 do Grupo Paranoá. Sobre essa macrounidade estão as regiões administrativas de Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Gama, Santa Maria, Recanto das Emas, Riacho Fundo I e II, e os condomínios do Jardim Botânico (CAMPOS E FREITAS-SILVA, 2001).
- Área de Dissecação Intermediária: São áreas fracamente dissecadas, drenadas por pequenos córregos, modeladas sobre ardósias, filitos e quartzitos (Depressão do Paranoá e Vale do Rio Preto). Nos interflúvios ocorrem couraças, latossolos e fragmentos de quartzo. Representa 31% da área do DF e inclui as regiões administrativas de Brasília (Plano Piloto), Núcleo Bandeirante, Guará I e II, Candangolândia, Cruzeiro, Setor Sudoeste, Setor de Indústria e Abastecimento, e Setor de Mansões Park Way (CAMPOS E FREITAS-SILVA, 2001).
- Região Dissecada de Vale: Ocupa aproximadamente 35% do DF e corresponde às depressões de litologias de resistências variadas, ocupadas pelos principais rios da região. Ocorre no baixo curso do rio Paranoá, já fora dos limites da bacia. É condicionada por unidades muito impermeáveis, com pequena capacidade de infiltração e maior potencial erosivo dos grupos Canastra, Araxá e Unidade Psamo Pelito Carbonatada do Grupo Paranoá (NOVAES PINTO, 1986).

Segundo Martins & Baptista (1998), ainda podem ser incluídas as regiões de Rebordo e de Escarpas: áreas controladas pela região de transição ou contato brusco entre litologias com alto contraste de erodibilidade. Apresenta relevo ondulado, geralmente relacionado à presença de quartzitos do topo da Unidade S do Grupo Paranoá. Geralmente se encontra na transição entre as regiões de dissecação intermediária e de dissecação de vales.

A bacia do Paranoá apresenta grande concentração demográfica nas regiões urbanas, mas também conta com extensas áreas de conservação, como o Parque Nacional de Brasília e a Floresta Nacional de Brasília, entre outras diversas unidades de conservação.

3. Metodologia

Assim como descrito por Chaves & Alipaz (2007), o WSI é calculado da seguinte forma:

$$WSI = \frac{H+E+L+P}{4}$$

Em que:

WSI = *Watershed Sustainability index* (varia de 0 a 1);

H = valor do indicador hidrológico (*hidrology*, varia de 0 a 1);

E = valor do indicador ambiental (*environment*, varia de 0 a 1);

L = valor do indicador de vida (*life*, varia de 0 a 1);

P = valor do indicador de políticas (*policy*, varia de 0 a 1).

De acordo com o resultado do WSI, pode se classificar a sustentabilidade da bacia como baixa ($WSI < 0,5$), média ($0,5 \leq WSI < 0,8$) ou alta ($WSI \geq 0,8$), e talvez o mais importante: analisar quais indicadores foram os limitantes para a sustentabilidade geral. Cada indicador tem seu valor definido pelas tabelas de Pressão, Estado e Resposta de acordo com os parâmetros e dados obtidos sobre a bacia.

3.1 Pressão

Para o parâmetro 'Pressão - Hidrologia', estima-se a variação na disponibilidade de água per capita pois esse é um dos principais motivos de crises hídricas, levando a racionamentos ou até desabastecimentos. De acordo com Falkenmark & Widstrand (1992, apud CHAVES & ALIPAZ, 2007), ocorre estresse hídrico quando a disponibilidade de água fica abaixo de 1700m³/pessoa/ano. Nas duas bacias estudadas, a disponibilidade hídrica média é de 659m³/pessoa/ano, considerando a série histórica.

Além da disponibilidade, a qualidade da água também é de fundamental importância, pois há casos em que a água pode estar imprópria até para

dessedentação de animais e irrigação. O parâmetro que representa a qualidade da água é a DBO5 (demanda biológica de oxigênio por 5 dias), pois este é um dado fundamental que frequentemente está disponível nas bacias e tem alta correlação com outros parâmetros importantes de qualidade da água, como oxigênio dissolvido e turbidez (CHAVES & ALIPAZ, 2007).

O parâmetro ‘Pressão – Meio ambiente’ é calculado como o IPA (índice de pressão ambiental) é uma média entre a variação da área agrícola da bacia e a variação da população urbana na bacia, pois ambas as ocorrências causam pressões, como a poluição por insumos agrícolas, erosão, mudança nos padrões de uso do solo que afeta a infiltração e o lançamento de efluentes. Essas proporções de áreas agrícolas e urbanas reflete a qualidade da água na bacia (HUNSAKER & LEVINE, 1995, apud CHAVES & ALIPAZ, 2007). A agricultura do DF é uma característica da capital, que se destaca pelo manejo sustentável. Dos 5.779 km² de área, aproximadamente 3 mil deles são de áreas rurais — produção de hortaliças e grãos (1,55 mil km²), frutíferas (1,33 mil km²) e campos de pastagem (1,44 mil km²) (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2016). O uso de água na irrigação também é alto, segundo Landau (2013), foram identificados 181 pivôs centrais de irrigação, cobrindo 11733,2ha de agricultura irrigada.

Alguns parâmetros do WSI usam dados que são componentes do IDH, ou subindicadores, como a renda e educação, disponíveis no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD). O parâmetro ‘Pressão – Vida’ considera a variação do ‘IDH – renda’ como o resultado do desenvolvimento econômico da região. E o parâmetro ‘Pressão – Política’ considera o ‘IDH – educação’ como resultado de políticas de desenvolvimento da educação na bacia, que influencia a forma que as pessoas e governantes lidam com os recursos hídricos (CHAVES & ALIPAZ, 2007).

A tabela 1 a seguir define os indicadores, parâmetros de pressão, respectivos níveis e valores de cada nível.

Tabela 1. Indicadores, níveis e valores de cada parâmetro de Pressão

Indicador	Parâmetro Pressão	Nível	Valor
Hidrologi a	$\Delta 1$ – Variação da disponibilidade de água per capita na bacia, no período estudado, em	$\Delta 1 < -20\%$	0,00
		$-20\% \leq \Delta 1 < -10\%$	0,25
		$-10\% \leq \Delta 1 < 0\%$	0,50

	relação à média da série histórica (m ³ /pessoa/ano)	0% ≤ Δ1 < 10% Δ1 ≥ 10%	0,75 1,00
	Δ2 – Variação da DBO ₅ na bacia, no período estudado, em relação à média da série histórica (mg/l)	Δ2 > 20% 20% ≥ Δ2 > 10% 10% ≥ Δ2 > 0% 0% ≥ Δ2 > -10% Δ2 ≤ -10%	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Meio ambiente	IPA da bacia (rural e urbano)	IPA > 20% 20% ≥ IPA > 10% 10% ≥ IPA > 5% 5% ≥ IPA > 0% IPA ≤ 0%	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Vida	Variação do IDH – renda da bacia no período estudado	Δ < -20% -20% ≤ Δ < -10% -10% ≤ Δ < 0% 0% ≤ Δ < 10% Δ ≥ 10%	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Políticas	Variação do IDH – educação da bacia no período estudado	Δ < -20% -20% ≤ Δ < -10% -10% ≤ Δ < 0% 0% ≤ Δ < 10% Δ ≥ 10%	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00

3.2 Estado

Para o parâmetro ‘Estado – Hidrologia’, a análise é sobre a disponibilidade de água per capita na situação atual da bacia, o que pode retratar uma situação de crise hídrica por escassez ou uma situação confortável, e o mesmo é analisado para a qualidade da água, com dados atuais (em relação ao período estudado), onde pode-se encontrar uma situação de crise por poluição excessiva dos recursos, tornando muito caro ou inviável o tratamento, ou até de equilíbrio dos ecossistemas aquáticos por apresentar ótima qualidade.

No parâmetro ‘Estado – Meio ambiente’ estima-se a porcentagem da área da bacia que é coberta por vegetação nativa, o que pode significar um bom estado de conservação e equilíbrio dos serviços ecossistêmicos na bacia, ou um estado de solos compactados, desertificados, degradados ou altamente impermeáveis.

O parâmetro ‘Estado – Vida’ usa o IDH da bacia para quantificar o nível de qualidade de vida na bacia, que seria resultado do desenvolvimento econômico e social na bacia. E o parâmetro ‘Estado – Políticas’ faz uma análise qualitativa da

capacidade institucional da bacia na gestão integrada de recursos hídricos por meio da existência e efetividade de leis, instituições e integração de programas e ações para melhoria e manutenção dos recursos hídricos.

A tabela 2 define os valores dos respectivos níveis de cada parâmetro Estado para o cálculo do WSI.

Tabela 2. Indicadores, níveis e valores de cada parâmetro de Estado

Indicador	Parâmetro Estado	Nível	Valor
Hidrologia	Da - Disponibilidade de água per capita (m ³ /pessoa.ano)	Da < 1700 1700 ≤ Da < 3400 3400 ≤ Da < 5100 5100 ≤ Da < 6800 Da ≥ 6800	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
	Média da DBO ₅ na bacia, no período estudado (mg/l)	DBO > 10 10 ≥ DBO > 5 5 ≥ DBO > 3 3 ≥ DBO > 1 DBO ≤ 1	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Meio ambiente	Av – área (percentual) da bacia com cobertura vegetal nativa	Av < 5 5 ≤ Av < 10 10 ≤ Av < 25 25 ≤ Av < 40 Av ≥ 40	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Vida	IDH da bacia	IDH < 0,5 0,5 ≤ IDH < 0,6 0,6 ≤ IDH < 0,75 0,75 ≤ IDH < 0,9 IDH ≥ 0,9	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Políticas	Capacidade institucional da bacia na gestão integrada dos recursos hídricos (aspectos legais e organizacionais)	Muito pobre Pobre Média Bom Excelente	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00

3.3 Resposta

O parâmetro ‘Resposta – Hidrologia’ é qualitativo e deve representar os esforços da sociedade, governo e entidades na melhoria da eficiência no uso da água da bacia e a melhora no tratamento e disposição dos efluentes domésticos e industriais. Para o parâmetro ‘Resposta – Meio ambiente’ procura-se identificar uma

evolução nas áreas de conservação (especialmente protegidas ou com limites de uso) na bacia, que reflitam uma preocupação com os recursos hídricos e ambientais.

A evolução no IDH da bacia é calculada para o parâmetro 'Resposta – Vida', pois representa a melhoria na qualidade de vida resultando na possibilidade de maiores preocupações pela sociedade com os recursos hídricos, cobrança aos órgãos reguladores por fiscalização e melhoria no manejo da bacia e uso dos recursos. E a evolução dos gastos com a gestão integrada de recursos hídricos na bacia, acompanha essa ideia e é usada no parâmetro 'Resposta – Políticas'. A tabela 3 a seguir define os valores usados no cálculo do WSI para cada parâmetro Resposta.

Tabela 3. Indicadores, níveis e valores de cada parâmetro de Resposta

Indicador	Parâmetro Resposta	Nível	Valor
Hidrologia	Melhora na eficiência do uso de água na bacia, no período estudado	Muito pobre Pobre Médio Bom Excelente	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
	Melhora no tratamento/disposição de esgoto, no período estudado	Muito pobre Pobre Médio Bom Excelente	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Meio ambiente	Evolução nas áreas de conservação na bacia, no período estudado	$\Delta < -10\%$ $-10\% \leq \Delta < 0\%$ $0\% \leq \Delta < 10\%$ $10\% \leq \Delta < 20\%$ $\Delta \geq 20\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Vida	Evolução do IDH da bacia, no período estudado	$\Delta < -10\%$ $-10\% \leq \Delta < 0\%$ $0\% \leq \Delta < 10\%$ $10\% \leq \Delta < 20\%$ $\Delta \geq 20\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Políticas	Evolução dos gastos com a gestão integrada de recursos hídricos na bacia, no período estudado	$\Delta < -10\%$ $-10\% \leq \Delta < 0\%$ $0\% \leq \Delta < 10\%$ $10\% \leq \Delta < 20\%$ $\Delta \geq 20\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00

3.4 Calculando o WSI para as Bacias

3.4.1 Pressão

No Descoberto foi calculado o parâmetro quantitativo da 'Pressão – hidrologia', utilizando-se dados da Agência Nacional de Águas, da série histórica (1986 a 2018) de vazão afluente anual na barragem do Lago Descoberto. Considerando a área da bacia até a barragem (unidades hidrográficas de Alto Rio Descoberto, Ribeirão das Pedras e Ribeirão Rodeador) onde foi feita a medição das vazões e sabendo a área total da bacia, calculou-se por meio da equação abaixo, a vazão afluente anual para a bacia do Descoberto.

$$Q_d = Q_b \times \frac{A_d}{A_b}$$

Sendo:

Q_d = vazão afluente anual da bacia do Descoberto (hm^3/ano);

Q_b = vazão afluente anual na barragem (hm^3/ano);

A_d = Área da bacia do Descoberto (km^2);

A_b = Área da bacia até a barragem (km^2).

A disponibilidade é dada em m^3 por pessoa por ano, para o cálculo da população abastecida pela água do Descoberto, utilizou-se dados de população (CODEPLAN, 2015) das regiões administrativas abastecidas segundo a CAESB por esse sistema produtor, sendo: Gama, Taguatinga, Núcleo Bandeirante, Ceilândia, Guará, Cruzeiro, Samambaia, Santa Maria, Recanto das Emas, Riacho Fundo I e II, Candangolândia, Águas Claras, Park Way e Vicente Pires.

No caso do Paranoá, usou-se a estação fluviométrica de código 60479200 (PARANOÁ BARRAGEM – CEB), com dados de vazão afluente, disponíveis no Hidroweb – ANA. Os dados são apenas de 1998 a 2004, portanto, para estimar os dados dessa estação para até 2018, foi feita uma correlação com a vazão do ribeirão Pípiripau, que fica na mesma região que o lago Paranoá e tem dados disponíveis na estação 60473000 (PIPIRIPAU FRINOCAP - DF 230) de 1970 a 2018. A correlação entre as vazões anuais medidas nessas duas estações, considerando o período limitante disponível na estação do Paranoá (1998 a 2004) nos dá a função:

$$Q_l = 2,56 \times Q_p + 9,2$$

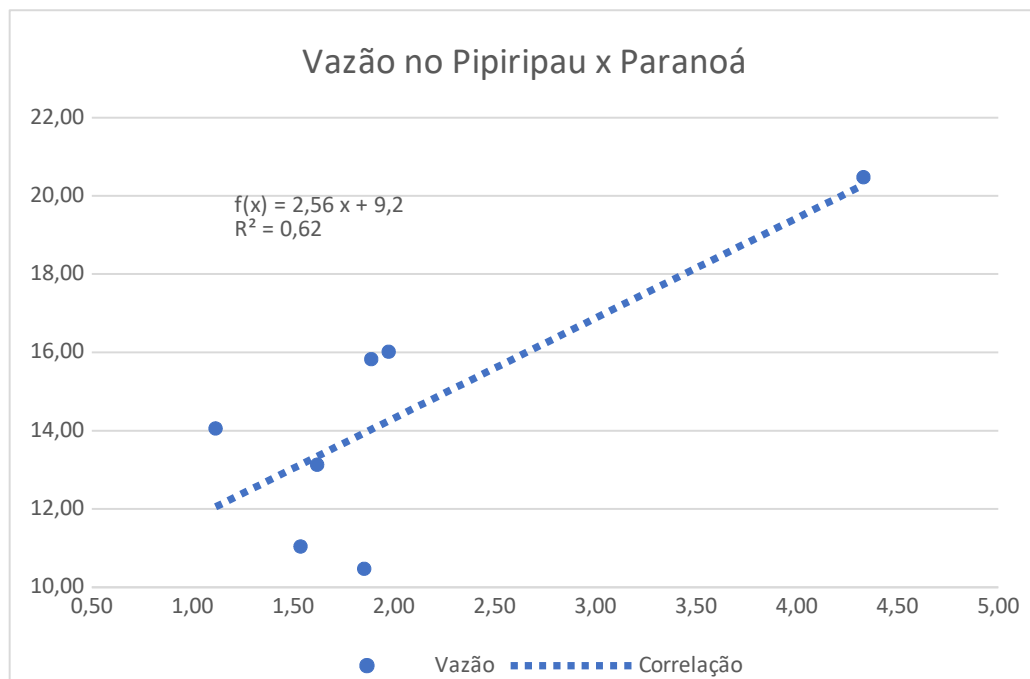
Onde:

Q_l = Vazão anual no lago Paranoá (m^3/s);

Q_p = Vazão anual no ribeirão Pipiripau (m^3/s).

A figura 4 ilustra o gráfico, o R^2 e os coeficientes dessa função, dessa forma foi possível estimar a vazão anual do Paranoá até 2018 e calcular sua variação no período estudado.

Figura 4. Gráfico da correlação entre vazão no Pipiripau e no Paranoá



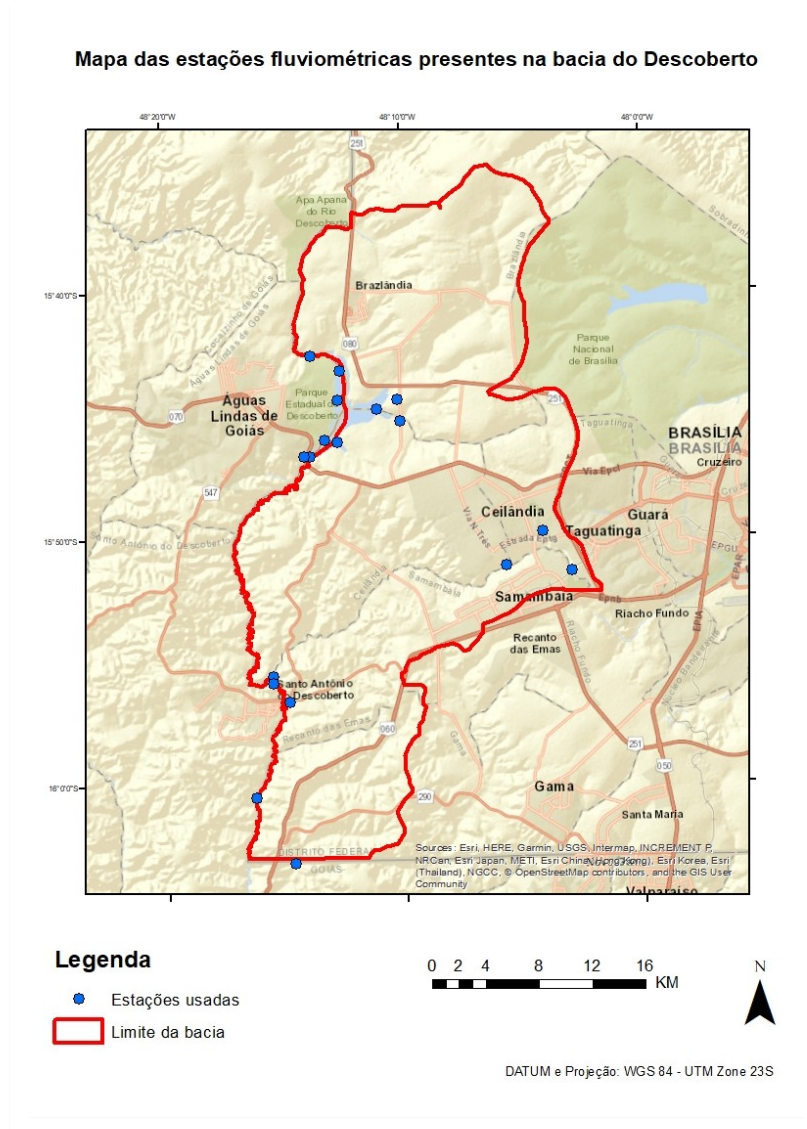
Para o cálculo da disponibilidade de água per capita, foi calculada a população das regiões administrativas abastecidas pela água do Paranoá, sendo: Plano Piloto, Paranoá, Lago Norte, Sudoeste/Octogonal, Varjão e Itapoã.

Todos os cálculos de disponibilidade hídrica média per capita, inclusive as de séries históricas, foram feitos considerando a população atendida mais atualizada, com dados do IBGE (2018), para ser possível observar o comportamento do parâmetro hidrológico sem interferência das variações demográficas ao longo do tempo, e para garantir que a análise feita considera o princípio da precaução, ao considerar o cenário menos favorável, aumentando a margem de segurança das informações resultantes.

Para o parâmetro qualitativo, utilizou-se dados de DBO5 de estações fluviométricas da ADASA e da CAESB, disponibilizados no sistema Hidroweb – ANA

e no Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos, do período disponível de 2001 a 2016, e do último ano da série (2016), o que foi suficiente para estimar da média histórica e da média recente (período de estudo). Do banco de dados, as estações presentes na bacia do Descoberto foram selecionadas através de suas coordenadas geográficas e são demonstradas na figura 5, a seguir.

Figura 5. Mapa das estações fluviométricas



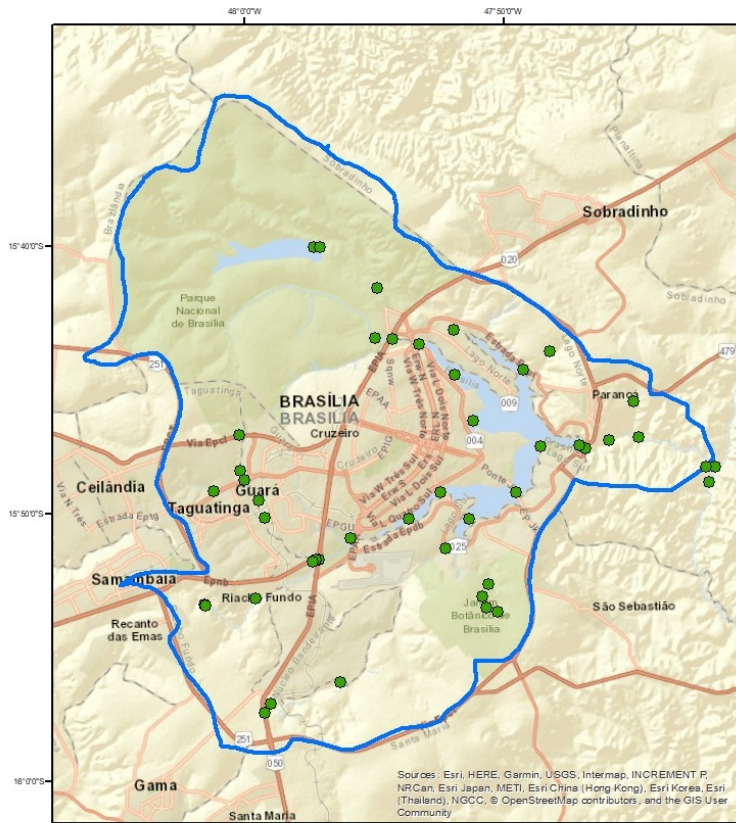
Percebe-se na figura 5 que algumas estações usadas estão fora do limite da bacia, mas foram incluídas por terem sido consideradas representativas da qualidade da água da bacia, principalmente as estações que estão no lago Descoberto. Foram encontradas 38 estações na bacia com dados disponíveis para a série 2001-2016, mas apenas 18 estações com dados disponíveis sobre o último ano da série, portanto para viabilizar a comparação, foram usadas apenas as mesmas 18 estações disponíveis nos dois momentos da análise (códigos: 60435000; 60435170; 60435200; 60435405; 60435450; 60435460; 60435470; 60435480; 60435500; 60436145; 60436185; 60436186; 60436195; 60436300; 60436400; CAPLDE001; CRPCOR010; CRPCTT010).

Na bacia do Paranoá foram identificadas 53 estações fluviométricas da ADASA e CAESB com dados médios de DBO5 para o período de 2001 a 2016, e quase todas (48) também têm dados para o ano de 2016, portanto foram usadas essas 48 estações para o cálculo da variação da DBO no ano de 2016 em relação à média da série. A figura 6 a seguir, demonstra a disposição das estações usadas na bacia do Paranoá. Da mesma forma que no Descoberto, algumas estações fora do limite da bacia foram usadas por terem sido consideradas representativas da qualidade da água na bacia. Os códigos das estações usadas são: 60476155; 60476170; 60477100; 60477380; 60477590; 60477630; 60477640; 60477660; 60477670; 60477700; 60478200; 60478485; 60478520; 60478530; 60478650; 60478700; 60478750; 60478800; 60479230; ALALPA001; ALALPA002; ALALPA003; ALARBA001; CAPCCH001; CAPCTB001; CAPCTB002; CAPCVD001; CAPCVD002; CAPCVD003; CAPCVD004; CAPLSM001; CAPLSM002; CAPTOR001; CAPTQR001; CRPCSA010; CRPCVP010; CRPCVP020; CRPCVP030; CRPCVP040; CRPCVP050; CRPRPA010; CRPRPA020; CRPRPA030; CRPRRF010; CRPRRF020; CRPRRF030; CRPRRF040 e CRPRRF050.

Figura 6. Mapa das estações fluviométricas

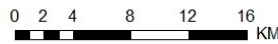
parâmetro

Mapa das estações fluviométricas presentes na bacia do Paranoá



Legenda

- Estações usadas
- Limite da bacia



DATUM e Projeção: WGS 84 - UTM Zone 23S

'Pressão – Meio Ambiente' foi calculado pelo Índice de Pressão Ambiental conforme a seguinte equação:

$$IPA (\%) = \frac{\text{Variação \% da área agrícola da bacia} + \text{Variação \% da população urbana na bacia}}{2}$$

A área agrícola das bacias foi estimada através de mapas de uso e cobertura do solo (MAPBIOMAS), para os anos de 2010 e 2016, contemplando o período do estudo, nesses mapas a classe “uso antrópico” foi considerada representativa da área agrícola, já que estas são as atividades humanas mais extensivas em termos de área utilizada, principalmente na bacia do Descoberto, onde é conhecido o grande nível de produção agrícola. A população nas bacias foi estimada por dados censitários de 2011 (CODEPLAN, 2014) e 2018 (IBGE, 2018), e considerando a população das regiões administrativas na bacia proporcional à área que cada região administrativa ocupa na bacia.

Para os parâmetros ‘Pressão – Vida’ e ‘Políticas’, usou-se os subindicadores do IDH – renda e educação, respectivamente, obtidos no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD) para os anos disponíveis de 2000 e 2010, e foram estimados os valores para 2016, considerando a mesma taxa de evolução dos anos disponíveis, dessa forma foi possível analisar a variação nos indicadores para o ano de 2016 em relação a 2010. Os subindicadores foram calculados para cada bacia tendo o valor de cada região administrativa que ocupa a área da bacia ponderado pela porcentagem que essa área representa na área total da bacia.

3.4.2 Estado

Os dados de disponibilidade hídrica per capita foram obtidos da mesma forma que no parâmetro Pressão, foram considerados os anos de 2014 a 2018, e divididos pela população abastecida pelo sistema produtor do Descoberto e no caso do Paranoá, pela população abastecida pelo sistema Santa Maria - Torto. Os dados de DBO5 foram tirados da base de dados do último ano da série (2016), das 18 estações já mencionadas para o Descoberto, e das 48 no Paranoá, para análise da qualidade da água da bacia no período estudado.

O parâmetro ‘Estado – Meio Ambiente’ é obtido através da porcentagem de área da bacia coberta por vegetação nativa. Foi obtido por mapa de uso e cobertura do solo (MAPBIOMAS) para 2016 em ambas as bacias.

O parâmetro 'Estado – Vida' é calculado pelo IDH da bacia, obtido pelo Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD) para os anos de 2000 e 2010, e estimado para 2016, considerando a mesma taxa de evolução dos dados disponíveis. Foi calculado o IDH das bacias a partir do valor de cada região administrativa ponderado pela área percentual que cada RA representa na bacia.

O parâmetro 'Estado – Políticas' foi estimado considerando a existência de legislação, instituições e órgãos de gestão dos recursos hídricos, a efetividade das leis e ações, e a capacidade de integração de esforços e programas, considerando também as conclusões do trabalho de Azevedo & Barbosa (2011): uma análise da gestão dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

3.4.3 Resposta

Nesse momento foram analisadas, para definir o valor do indicador quantitativo da 'Hidrologia', as melhorias feitas pelas agências, órgãos e sociedade visando o consumo mais eficiente e consciente da água, incluindo melhorias na infraestrutura de captação, gestão e distribuição da água, reduções no consumo urbano e melhorias nos sistemas de irrigação usados na agricultura da bacia, sendo essa última especialmente importante no caso do Descoberto.

A melhora no tratamento e disposição de efluentes na bacia também é considerado no indicador 'Hidrologia', nesse caso a melhoria ocorre por instalação de novas estações de tratamento de esgoto, aumento da população com acesso a saneamento básico e lançamento dos efluentes tratados nos cursos d'água com capacidade de suporte para manter a qualidade dos recursos hídricos.

A evolução nas áreas de conservação na bacia, no período estudado, considera a criação de unidades de proteção integral, uso sustentável, áreas de preservação permanente e reserva legal. Os dados foram obtidos pelo Guia de Unidades de Conservação do Distrito Federal (IBRAM, 2014), mapas do ICMBio, mapas elaborados para o Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal e mapas/relatórios do Atlas do Cadastro Ambiental Rural (SICAR).

A evolução do IDH na bacia é calculada comparando os valores estimados para 2016, assim como feito no parâmetro 'Estado – Vida', com os valores de 2010 para a bacia. E a evolução nos gastos com a gestão integrada de recursos hídricos foi analisada com base no Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (ANA, 2013) e dados da CAESB sobre arrecadação com a tarifa de contingência criada durante a crise hídrica de 2016.

4. Resultados e discussão

4.1 Hidrologia

A disponibilidade hídrica per capita para o Descoberto calculada para todo o período está representada na figura 7 a seguir.

Figura 7. Gráfico da disponibilidade hídrica no Descoberto



Observa-se claramente que nos últimos anos (período foco do estudo), houve uma piora considerável numa situação que já não era confortável. A disponibilidade média calculada para todo o período foi de 278,40 m³/pessoa/ano, e nos últimos 5 anos (2014 a 2018), a média foi de 189,28 m³/pessoa/ano, representando uma variação de -32%.

Enquanto na bacia do Paranoá, a disponibilidade média na série histórica, considerando a medida de 1998 a 2004 e a estimada até 2018, foi de 1040 m³/pessoa/ano, e nos últimos 5 anos foi de 958 m³/pessoa/ano, significando uma redução de 7,9% na disponibilidade hídrica. A figura 8 demonstra a variação da disponibilidade ao longo da série, que não teve variações tão significativas quanto à do Descoberto, o que pode ser um efeito do tipo de ocupação e uso do solo diferente entre as bacias, considerando que o reservatório de Santa Maria fica no centro do Parque Nacional de Brasília e o do Descoberto numa área muito antropizada e com atividades agrícolas.

Figura 8. Gráfico da disponibilidade hídrica no Paranoá



No quesito Resposta, houveram medidas e melhorias consideráveis frente à essa crise hídrica, como já citado na Justificativa deste trabalho. Em 16 de janeiro de 2017 foi adotado o racionamento nas RA's abastecidas pelo reservatório do Descoberto e menos de um mês depois, também nas RA's abastecidas pelo sistema Santa Maria. Esse racionamento durou até 15 de junho de 2018 e foi responsável por evitar o desabastecimento pelos menos pelo reservatório do Descoberto, que chegou a seu nível mais baixo historicamente de 5,3% do volume, em novembro de 2017.

Além disso, segundo análise da CODEPLAN (2018), o consumo de água durante o racionamento diminuiu aproximadamente 15 milhões de m³, que representa uma diminuição de 9,5%, mesmo com uma taxa de crescimento populacional de 2% no período. Ainda segundo a análise, mesmo depois do fim do racionamento, o consumo de água diminuiu em 5%, refletindo uma certa conscientização por meio da população. Mas em 2019, o consumo voltou a crescer nos quatro primeiros meses, em 10,1% em relação a 2018, quando havia o racionamento, por isso a Adasa está fazendo uma campanha para orientar a população quanto à importância da economia de água (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2019).

Ainda segundo a agência, nas áreas rurais do DF foram realizadas ações para aumentar a eficiência do uso de água na agricultura, como a recuperação de canais e substituição de sistemas de irrigação, o revestimento de tanques de armazenamento e a diminuição da retirada de água nos afluentes do Descoberto. Já em fevereiro de 2017, a Secretaria da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural começou a revitalizar ramais de uso coletivo na bacia do Descoberto. Segundo a Agência Nacional de Águas (2019), irrigantes e piscicultores da bacia do Descoberto (DF/GO) devem reduzir em mais de 50% suas captações de água visando proporcionar o restabelecimento da segurança hídrica na bacia hidrográfica a montante do Reservatório do Descoberto.

Além disso, em 2017, a Companhia de Saneamento Ambiental do DF (Caesb) reduziu os indicadores de perda de água no sistema de abastecimento. O desperdício por ligação caiu (na média de 12 meses) de 391 litros por ligação por dia em janeiro para 325 litros por dia em outubro (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2018). Houveram também obras para aumentar a captação e melhorar a distribuição de água, como o *Booster* do Noroeste, que transfere água entre os sistemas Santa Maria – Torto e o Descoberto, a estação de captação e tratamento do Lago Norte, avanços nas obras do Sistema Corumbá e o subsistema produtor do Bananal.

Considerando essas informações, o valor do parâmetro ‘Resposta – Hidrologia’ (quantitativo) foi definido como excelente (valor 1,00) para ambas as bacias. Para o parâmetro qualitativo, a DBO na bacia do Descoberto teve um resultado de 2,67 mg/l para a série de 2001 – 2016, e para o último ano de 1,60 mg/l, representando uma melhora na qualidade de 40%. Não muito diferentes, os resultados de DBO na bacia do Paranoá foram de 2,74 mg/l para a série de 2001 a 2016 e de 1,71 mg/l para o ano de 2016, uma redução de 37,64%, ou seja, a qualidade da água da bacia do Paranoá também teve uma melhoria.

Para a Resposta foram consideradas ações como: o novo sistema de esgotamento sanitário no Setor de Clubes Esportivos Sul, incluindo 130 lotes no trecho 2, que ainda usavam fossas; a finalização da 5ª etapa do sistema coletor de esgoto no Lago Sul, que beneficia 6,5 mil pessoas; a nova estação elevatória de esgoto Águas Claras; construções de elevatórias, ampliação e recuperação da rede de esgoto e regularização fundiária no Sol Nascente e Ceilândia, além do acordo “Aliança pelo Descoberto” assinado no 8º Fórum Mundial da Água, em Brasília (2018), entre 21 entidades, que faz parte do Programa Produtor de Água, coordenado pela Agência Nacional de Águas - ANA (PORTAL EBC, 2018).

Para a bacia do Paranoá, parâmetro ‘Resposta – Hidrologia’ (qualitativo), o valor definido foi considerado excelente (valor 1,00), e para a bacia do Descoberto, foi considerado bom (valor 0,75), já que várias ações como a ampliação e recuperação de redes de esgoto, e o Programa “Aliança pelo Descoberto”, ainda estão sendo implantados e não tem resultados significativos no período estudado.

Esses resultados têm seus valores definidos para cada parâmetro nos quadros 1 e 2 a seguir.

Quadro 1. Valores de cada parâmetro para Hidrologia na bacia do Descoberto

Indicador/Parâmetro - Descoberto	Pressão		Estado		Resposta	
	Resultado	Valor	Resultado	Valor	Resultado	Valor
Hidrologia - quantitativo	-32,01%	0,00	189,28	0,00	excelente	1,00
Hidrologia - qualitativo	-40,1%	1,00	1,60	0,75	bom	0,75

Quadro 2. Valores de cada parâmetro para Hidrologia na bacia do Paranoá

Indicador/Parâmetro - Paranoá	Pressão		Estado		Resposta	
	Resultado	Valor	Resultado	Valor	Resultado	Valor
Hidrologia - quantitativo	-7,9%	0,50	958	0,00	excelente	1,00
Hidrologia - qualitativo	-37,64%	1,00	1,71	0,75	excelente	1,00

4.2 Meio Ambiente

A população na bacia do Descoberto cresceu de 915.045 habitantes em 2011 para 1.090.053 habitantes em 2018, um crescimento de 19,13%. Enquanto isso, a área agrícola da bacia aumentou de 32.484ha para 44.115ha, um aumento de 35,80%, esses valores significam um IPA de 27,47%.

Já na bacia do Paranoá, a população em 2011 era de 841.840 e passou para 944.640 em 2018, um aumento de 12,21%. A área agrícola da bacia reduziu, em 2010 eram 38.815ha, e em 2016 eram 32.144ha, portanto uma variação de -17,19%. Esses resultados dão um IPA de -2,49%.

A área de vegetação nativa (Estado) nas bacias em 2016 foi de 34.801ha na bacia do Descoberto, ou seja, 43,44% de sua área total. E de 68.937ha na bacia do Paranoá, que representa 65,26% da área da bacia.

De 2014 a 2018 não houve evolução, nem mudança significativa, nas áreas de conservação na bacia do Descoberto, não foram criadas novas unidades de conservação e nem desfeitas ou rebaixadas de nível de proteção. Na bacia do Paranoá foi criado um único parque: Parque Sementes do Itapoã, pelo Decreto nº 35.508, de 05 de junho de 2014. Dessa forma, o valor do parâmetro 'Resposta – Meio Ambiente' para as duas bacias fica definido em 0% ou entre 0% e 10%, portanto valor 0,5.

O quadro 3 abaixo indica os valores dos parâmetros 'Meio Ambiente' para as duas bacias.

Quadro 3. Valores de cada parâmetro de Meio Ambiente

Meio Ambiente	Pressão		Estado		Resposta	
	Resultado	Valor	Resultado	Valor	Resultado	Valor
Bacia do Descoberto	27,47%	0,00	43,44%	1,00	0%	0,50
Bacia do Paranoá	-2,49%	1,00	65,26%	1,00	0%	0,50

4.3 Vida

A variação do IDH – renda na bacia do Descoberto foi de 0,749 em 2010 para 0,789 em 2016, uma variação de 5,34%. Na bacia do Paranoá a variação do subindicador foi de 0,942 para 0,971, no mesmo período de 6 anos, uma variação de 3,08%. O IDH da bacia do Descoberto em 2016 foi estimado em 0,831 e em 2010 era 0,763 (uma variação de 8,91%). Enquanto o da bacia do Paranoá foi de 0,946 em 2016 e em 2010 foi 0,897 (variação de 5,46%).

Quadro 4. Valores de cada parâmetro de Vida

Vida	Pressão		Estado		Resposta	
	Resultado	Valor	Resultado	Valor	Resultado	Valor
Bacia do Descoberto	5,34%	0,75	0,831	0,75	8,91%	0,50
Bacia do Paranoá	3,08%	0,75	0,946	1,00	5,46%	0,50

4.4 Políticas

O subindicador IDH – educação na bacia do Descoberto evoluiu de 2010 a 2016, de 0,701 para 0,808, um crescimento de 15,26%. Na bacia do Paranoá, essa evolução foi de 0,836 para 0,905, um crescimento de 8,25%.

O Distrito Federal tem uma série de legislações que se aplicam aos recursos hídricos sendo:

- Lei Distrital nº 55/1989 – Dispõe sobre a utilização das águas subterrâneas situadas no Distrito Federal
- Lei Distrital nº 828/1994 – Cria o Programa de Manejo Integrado de Microbacias Hidrográficas no Distrito Federal e dá outras providências
- Lei Distrital nº 2.616/2000 – Dispõe sobre a utilização de equipamentos que economizam água nas instalações hidráulicas e sanitárias dos edifícios públicos e privados destinados a uso não residencial no âmbito do Distrito Federal
- Lei Distrital nº 2.725/2001 – Institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal
- Decreto Distrital nº 22.356/2001 – Regulamenta o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal, e dá outras providências
- Decreto Distrital nº 22.358/2001 – Dispõe sobre a outorga de direito de uso de água subterrânea no território do Distrito Federal de que trata o inciso II, do artigo 12, da Lei n.º 2.725 de 13 de junho de 2001, e dá outras providências
- Decreto Distrital nº 22.359/2001 – Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos no território do Distrito Federal e dá outras providências
- Lei Distrital nº 2.978/2002 – Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de recarga artificial de aquíferos nas propriedades rurais e lotes em condomínios atendidos por poços tubulares para abastecimento de água
- Lei Distrital nº 3.793, de 2 de fevereiro de 2006 - Institui, no Distrito Federal, o sistema de recarga artificial de aquíferos e dá outras providências
- Lei Distrital nº 3.250/2003 – Dispõe sobre a criação do Sistema Integrado de Vigilância, Preservação e Conservação de Mananciais do Distrito Federal – SIV-ÁGUA e dá outras providências

- Decreto Distrital nº 24.499/2004 – Dispõe sobre o uso e ocupação do Lago Paranoá, de sua Área de Preservação Permanente e Entorno e dá outras providências. Alterado. Conferir alterações no site SINJ-DF
- Lei Distrital nº 3.812/2006 – Torna obrigatório o reaproveitamento da água utilizada nos postos de lavagem de veículos
- Lei Distrital nº 4.181/2008 – Cria o Programa de Captação de Água da Chuva e dá outras providências
- Lei Distrital nº 4.285/2008 – Reestrutura a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA/DF, dispõe sobre recursos hídricos e serviços públicos no Distrito Federal e dá outras providências
- Lei Distrital nº 4.341/2009 – Dispõe sobre o incentivo à redução do consumo de água no Distrito Federal e dá outras providências
- Lei Distrital nº 4.658/2011 – Institui diretrizes para o Plano de Proteção, Revitalização e Desenvolvimento Sustentável da Área da Bacia do Rio São Francisco no Distrito Federal
- Resolução CRH nº 01/2014 – Dispõe sobre a proposta de enquadramento de cursos d'água de domínio da União no Distrito Federal originada no Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba – CBH Paranaíba
- Resolução CRH nº 02 de 2014 – Aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes, segundo os usos preponderantes, e dá encaminhamentos
- Decreto Distrital Nº 39.514, de 06 DE DEZEMBRO de 2018 – Institui o Programa de Otimização do Uso Prioritário da Água – Poupa DF no âmbito dos órgãos da administração pública direta e indireta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo Poder Público e dá outras providências
- Lei Distrital nº 4704, de 20 de dezembro de 2011 - Dispõe sobre a gestão integrada de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos e dá outras providências
- Lei Distrital nº 3.984, de 28 de maio de 2007 - Cria o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - Brasília Ambiental e dá outras providências

- Lei Distrital nº 3.693, de 8 de novembro de 2005 - Dispõe sobre a Política de Irrigação e Drenagem no âmbito do Distrito Federal e dá outras providências
- Decreto Distrital nº 39.290, de 16 de agosto de 2018 - Altera o Decreto nº 27.152, de 31 de agosto de 2006, que dispõe sobre a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranoá, o Decreto nº 31.253, de 18 de janeiro de 2010, que dispõe sobre a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Preto, e o Decreto nº 31.254, de 18 de janeiro de 2010, que dispõe sobre a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Maranhão.

Além de diversas resoluções da ADASA e Leis complementares, que orientam a gestão hídrica. As instituições que atuam em recursos hídricos no DF incluem a Secretaria do Meio Ambiente, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) e o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) que é responsável pelo programa Adote Uma Nascente. Já em relação aos Comitês de Bacia Hidrográfica necessários à boa gestão das bacias do DF, as atividades realizadas pelo Comitê de Bacia do Rio Paranoá (que inclui também a bacia do Descoberto) nos últimos anos não têm sido expressivas e apresentaram poucos resultados desde sua criação em 2010. No decreto distrital nº 39.290/2018 citado anteriormente, segundo o artigo 1º:

Fica criado o Comitê de Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Paranaíba no Distrito Federal - CBH Paranaíba-DF, órgão colegiado do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal, com atribuições normativas, deliberativas e consultivas, vinculado ao Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal.

Atualmente, o CBH PARANAÍBA-DF, está realizando a IV Rodada de Oficinas do Plano de Recursos Hídricos, e em 2018, junto à ADASA, contratou uma empresa de consultoria que está fazendo a parte de Diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos que deve atualizar o Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal, feito em 2006 e revisado em 2012 pela ADASA. Por isso, foi analisado o cenário de atuação do Comitê de Bacia do Rio Paranaíba, que inclui as bacias do Descoberto e do Paranoá, mas numa escala muito menor.

Segundo Azevedo & Barbosa (2011), o DF é considerado uma região exemplo no mundo pelo seu planejamento prévio, contando com políticas públicas bem estruturadas, mas quanto aos recursos hídricos, descrevem:

A demora na definição e implantação de uma política local de recursos hídricos, a criação tardia da ADASA em 2004, a criação recente dos Comitês de Bacias hidrográficas em 2010 e a falta de fiscalização do poder público propiciaram a ocupação irregular em áreas de nascentes, margens de rios, córregos e ribeirões em todo o DF. (...) Esses fatores indicam que a gestão dos recursos hídricos no DF não funciona a contento. (...) Urge, assim, pensar-se com celeridade na implantação efetiva desses Comitês para que os problemas de oferta e demanda para atender os múltiplos usos não continuem a causar conflitos. AZEVEDO & BARBOSA, 2011, P. 179-180.

Considerando toda essa análise, e que os referidos Comitês necessários com celeridade e efetividade (em 2011) só foram criados em 2018 e ainda estão iniciando suas atividades, o parâmetro 'Estado – Políticas' para as duas bacias foi definido como pobre (valor 0,25).

Conforme descrito anteriormente, a falta de Comitês de Bacia locais e integração entre instituições nas bacias, dificultou o acesso aos dados de gastos com a gestão integrada dos recursos hídricos. Para superar essa limitação, foram feitas análises considerando o Plano de Recursos Hídricos do Paranaíba, a tarifa de contingência cobrada pela Caesb durante a crise hídrica de 2017, e investimentos feitos no DF pelo Comitê da Bacia do Paranaíba, com parte do montante cobrado pela captação de água nas bacias do Descoberto, Pípiripau e Paranoá, afluentes do rio Paranaíba no DF.

No Plano de Recursos Hídricos do Comitê do Paranaíba, as intervenções e investimentos foram divididos em três componentes: Gestão de Recursos Hídricos; Saneamento Ambiental; e Bases de Gestão. Sendo o primeiro componente, o foco nessa análise. O orçamento previsto para 2014-2018, do Plano, para o componente 1 (Gestão de Recursos Hídricos), teve um total de R\$ 228.687.437. Já os recursos disponíveis pelos Planos-Plurianuais (2012-2015) da União, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, totalizam, para esse componente, R\$ 10.902.749.056,43.

A tarifa de contingência cobrada pela CAESB durante a crise hídrica, de dezembro de 2016 a abril de 2019, totalizou mais de R\$ 38 milhões. Entre os usos dessa arrecadação estão: A Resolução nº 13, de 11 de julho de 2017, autorizou o

uso de R\$ 820.263,55, para reembolso dos custos operacionais eficientes adicionais com comunicação/informação e sensibilização para o uso racional da água. E a Resolução nº 14, de 11 de julho de 2017, autorizou a utilização dos recursos oriundos da Tarifa de Contingência, no montante de R\$ 38.687.500,00, de forma a viabilizar os investimentos necessários e complementares para Implantação do Subsistema Lago Norte e para a Interligação dos Sistemas Torto / Santa Maria ao Sistema Descoberto.

Segundo a Adasa, o Comitê da Bacia do Paranaíba repassou recursos para sete projetos no DF destinados a promover a segurança hídrica, a maioria destinada aos produtores rurais de Brazlândia. O montante de R\$ 1,4 milhão, significa 60% do que foi arrecadado com a cobrança pela Caesb, pela captação de água nas bacias do Descoberto, Pipiripau e Paranoá.

Dessa forma, considerando que os dados existentes sobre recursos financeiros disponíveis para gestão integrada dos recursos hídricos indicaram apenas a situação atual, e não a evolução dos investimentos nos últimos anos, o parâmetro 'Resposta – Políticas' foi definido como 0,50 para as duas bacias do presente estudo (já que existem investimentos mas potencialmente, com a ampliação da atuação dos Comitês, esses valores poderiam ser muito maiores). O quadro 5 abaixo resume os valores dos parâmetros de 'Políticas' do WSI.

Quadro 5. Valores de cada parâmetro de Políticas

Políticas	Pressão		Estado		Resposta
	Resultado	Valor	Resultado	Valor	Valor
Bacia do Descoberto	15,26%	1,00	Pobre	0,25	0,50
Bacia do Paranoá	8,25%	0,75	Pobre	0,25	0,50

4.5 O WSI nas bacias do Descoberto e Paranoá

Os quadros 6 e 7 apresentam os resultados do cálculo do WSI para cada bacia.

Quadro 6. Resultado do WSI para Bacia do Descoberto

Parâmetro	Pressão	Estado	Resposta	Resultado
Hidrologia - quantitativo	0,00	0,00	1,00	0,58
Hidrologia -	1,00	0,75	0,75	

qualitativo				
Meio Ambiente	0,00	1,00	0,50	0,50
Vida	0,75	0,75	0,50	0,67
Políticas	1,00	0,25	0,50	0,58
Resultado	0,55	0,55	0,65	0,58

Quadro 7. Resultado do WSI para Bacia do Paranoá

Parâmetro	Pressão	Estado	Resposta	Resultado
Hidrologia - quantitativo	0,50	0,00	1,00	0,71
Hidrologia - qualitativo	1,00	0,75	1,00	
Meio Ambiente	1,00	1,00	0,50	0,83
Vida	0,75	1,00	0,50	0,75
Políticas	0,75	0,25	0,50	0,50
Resultado	0,80	0,60	0,70	0,70

4.6 Discussão dos resultados

Na bacia hidrográfica do Descoberto (Quadro 6), o índice de sustentabilidade de 0,58 indica uma situação de média sustentabilidade (Chaves & Alipaz, 2007), mas ao se analisar os fatores limitantes dessa sustentabilidade (valores $\leq 0,5$, em vermelho nos quadros), tem-se que o parâmetro 'Meio Ambiente' é um gargalo para a sustentabilidade geral, principalmente quanto á 'Pressão', já que a bacia do Descoberto sofre os resultados de um crescimento urbano desordenado e tem grandes áreas agrícolas, que precisam ser bem manejadas (por exemplo, Boas Práticas de Manejo) para evitar efeitos negativos na bacia. Já quanto ao crescimento desordenado, espera-se que isso seja regularizado com o Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF), que está previsto na Lei Orgânica do Distrito Federal e tem como principal objetivo subsidiar as ações de planejamento do Governo de Brasília, de modo a otimizar a gestão e o uso do território, bem como mitigar dinâmicas de ocupação predatória.

Além disso, quanto á 'Resposta - Meio Ambiente', o valor 0,50 (também encontrado na bacia do Paranoá) pode piorar em breve (nas duas bacias) considerando que o atual governo estuda a redução de algumas unidades de conservação federais, como a Floresta Nacional de Brasília e a Área de Relevante

Interesse Ecológico Capetinga-Taquara, o que reduzirá o parâmetro 'Resposta – Meio Ambiente' e poderia se tornar um gargalo da sustentabilidade das bacias.

O parâmetro mais preocupante é o 'Hidrologia', se considerarmos apenas o indicador quantitativo, que daria um resultado de 0,33, sendo o mais baixo de todos os resultados da bacia do Descoberto. Esse valor deve melhorar com os programas que estão sendo implantados como o "Aliança pelo Descoberto", o Zoneamento Ecológico-Econômico, a implantação do Comitê de Bacias Hidrográficas do Paranaíba-DF, e o aumento da disponibilidade hídrica no DF com a adição do Sistema Corumbá que deverá aliviar a situação de estresse hídrico dos sistemas já existentes.

Para a bacia do Paranoá, o parâmetro 'Políticas' é um gargalo, considerando a inexistência de um Comitê de Bacia com atuação efetiva, no período estudado, e a consequente falta de evolução nos investimentos para gestão dos recursos hídricos. Assim como na bacia do Descoberto, o indicador quantitativo da 'Hidrologia' também é um limitante (0,50), indicando a necessidade de ações como: aumentar a fiscalização contra captações irregulares nessas duas bacias e seus afluentes, aumentar a proteção e recuperar áreas importantes de recarga de aquíferos e nascentes, reduzir perdas nos sistemas de distribuição de água, implantação de sistemas para reuso de água e campanhas de conscientização para reduzir o consumo.

O índice calculado de 0,70 na bacia do Paranoá (Quadro 7) é 21% maior que o índice da bacia do Descoberto, apesar de vários valores terem sido calculados considerando a mesma situação para as duas bacias, já que são contíguas e fazem parte do mesmo cenário de políticas públicas, instituições e variações climáticas. Entre as duas bacias, a maior diferença é entre a 'Pressão', principalmente os parâmetros 'Hidrologia – quantitativo', já que a bacia do Descoberto é responsável por abastecer uma população maior e com crescimento constante, e 'Meio – Ambiente', por motivos já citados, que inclusive também é o parâmetro com maior diferença entre as duas bacias (0,83 no Paranoá e 0,50 no Descoberto), o que faz sentido considerando o padrão de crescimento urbano e as mudanças no uso do solo nas duas bacias, que resultam um valor do Índice de Pressão Ambiental maior (pior) para a bacia do Descoberto.

Chaves (2011), calculando o WSI para seis bacias de seis países da América Latina, encontrou os valores indicados no quadro 8 e uma interessante correlação entre o WSI e o número de parâmetros limitantes encontrados (parâmetros com valor $\leq 0,50$).

Quadro 8. Resultados obtidos por Chaves (2011) em 6 bacias na América Latina.

Bacia Hidrográfica	WSI	Nº de gargalos
São Francisco Verdadeiro (Brasil)	0,65	5
Canal de Panamá (Panamá)	0,76	3
Tacuarembó (Uruguai)	0,64	8
Antequera (Bolívia)	0,47	11
Elqui (Chile)	0,59	10
Reventazón (Costa Rica)	0,74	5

Comparando as bacias do Descoberto e do Paranoá com as seis desse estudo, considera-se que a do Descoberto, que tem 7 parâmetros limitantes, estaria com um índice melhor apenas do que a bacia de Antequera, que tem 11 parâmetros limitantes, e estaria praticamente igual à bacia hidrográfica de Elqui, com 10 parâmetros limitantes. Enquanto a bacia do Paranoá, com 6 parâmetros limitantes, estaria com um índice menor apenas do que as bacias do Canal de Panamá e de Reventazón, que tem apenas 3 e 5 limitantes, respectivamente.

Maynard et al. (2017) encontraram um resultado de 0,66 calculando o WSI na bacia hidrográfica do Rio Japarutuba, em Sergipe, nos resultados com 9 parâmetros limitantes, os mais preocupantes foram do parâmetro ‘Hidrologia’, 0,25 no indicador quantitativo e 0,41 no indicador qualitativo. Esses baixos valores nesses mesmos parâmetros também foram encontrados na bacia do Descoberto.

Pádua (2016) calculou o WSI para a bacia do Rio São Bartolomeu (DF), obtendo um valor médio (0,66), com 8 parâmetros limitantes ($< 0,5$), no quesito ‘Pressão – Meio Ambiente’ e ‘Hidrologia – quantidade’, os mesmos que limitaram o WSI na bacia do Descoberto.

5. Conclusão

As duas bacias analisadas apresentaram nível médio de sustentabilidade, segundo o WSI. Tiveram vulnerabilidades parecidas, como o parâmetro ‘Hidrologia –

quantidade', e forças parecidas, no caso do parâmetro 'Hidrologia – qualidade', por serem contíguas e estarem no mesmo cenário de políticas públicas, instituições e variações climáticas, mas também diferenças quanto ao mesmo parâmetro, por exemplo 'Meio Ambiente' que foi mais positivo no caso da bacia do Paranoá e mais preocupante na bacia do Descoberto.

Para melhoria da sustentabilidade geral das duas bacias, espera-se uma atuação mais efetiva dos comitês de bacias hidrográficas criados recentemente no sentido de gerenciar os recursos hídricos e outros fatores nas bacias, fazendo parcerias e integrando esforços com outros órgãos como a Secretaria de Meio Ambiente do DF, o IBRAM, ADASA, ANA e parceiros privados, visando a melhoria principalmente da disponibilidade hídrica, dos indicadores de qualidade ambiental na bacia do Descoberto e dos investimentos em gestão integrada dos recursos hídricos. Deve-se também cobrar do Poder Público a criação de unidades de conservação e a melhor gestão (manejo sustentável, boas práticas de manejo) dessas unidades, principalmente em áreas essenciais para manutenção dos recursos hídricos dessas Bacias, principalmente no Descoberto, que apresentou problemas de 'Pressão – Meio ambiente'.

Referências

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. 2012. Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal (PGIRH/DF). Brasília. Julho 2012. v. 2, 965 p.

AGÊNCIA BRASÍLIA. Racionamento de água no DF chega ao fim em 15 de junho. Guilherme Pera, da Agência Brasília, Atualizado em 13/6/18 às 17:32. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/05/03/acionamento-de-agua-no-df-chega-ao-fim-em-15-de-junho/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Brasília encerra racionamento após economizar água e reabastecer reservatórios. Amanda Martimon, da Agência Brasília. Atualizado em 14/6/18 às 11:29. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/06/14/brasil-encerra-acionamento-apos-economizar-agua-e-reabastecer-reservatorios/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Racionamento de água no DF chega ao fim em 15 de junho. Guilherme Pera, da Agência Brasília. Atualizado em 13/6/18 às 17:32. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/05/03/acionamento-de-agua-no-df-chega-ao-fim-em-15-de-junho/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Interligação Santa Maria-Torto e Descoberto amplia capacidade de abastecimento. César Filho, da Agência Brasília. Atualizado em 6/12/17 às 9:35. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2017/12/05/interligacao-santa-maria-torto-e-descoberto-amplia-capacidade-de-abastecimento/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Adasa autoriza racionamento de água no DF. Saulo Araújo, da Agência Brasília. Atualizado em 6/2/17 às 18:21. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2016/11/07/adasa-autoriza-acionamento-de-agua-no-df/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Governo começa a cobrar tarifa de contingência na conta de água. Guilherme Pera, da Agência Brasília. Atualizado em 12/1/17 às 13:37. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2016/10/24/governo-comeca-a-cobrar-tarifa-de-contingencia-na-conta-de-agua/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Consumo de água aumenta; Adasa fará campanha para orientar população. ATUALIZADO EM 13/6/19 ÀS 11:19. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2019/06/13/consumo-de-agua-aumenta-adasa-fara-campanha-para-orientar-populacao/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Ações na agricultura do DF minimizaram perda hídrica na Bacia do Descoberto. Por MARYNA LACERDA. ATUALIZADO EM 14/1/18 ÀS 16:18. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/01/13/acoes-na-agricultura-do-df-minimizaram-perda-hidrica-na-bacia-do-descoberto/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Água do Lago Paranoá vai poupar ainda mais os Sistemas Descoberto e Santa Maria. Por GUILHERME PERA. ATUALIZADO EM 13/6/18 ÀS 17:35. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/01/15/agua-do-lago-paranoa-vai-poupar-ainda-mais-os-sistemas-descoberto-e-santa-maria/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Caesb reduz perdas de água em 2017 e reforça combate aos desvios. DA AGÊNCIA BRASÍLIA, COM INFORMAÇÕES DA CAESB. ATUALIZADO EM 30/1/18 ÀS 9:36. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/01/29/caesb-reduz-perdas-de-agua-em-2017-e-reforca-combate-aos-desvios/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Sistema de esgotamento sanitário é entregue no Setor de Clubes Esportivos Sul. Por SAMIRA PÁDUA. ATUALIZADO EM 19/12/18 ÀS 12:00. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/12/19/sistema-de-egotamento-sanitario-e-entregue-no-setor-de-clubes-esportivos-sul/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Esgotamento sanitário do Lago Sul beneficia 6,5 mil pessoas. De Agência Brasília. ATUALIZADO EM 5/7/18 ÀS 11:33. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/07/05/esgotamento-sanitario-do-lago-sul-beneficia-65-mil-pessoas/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Inauguração da Estação Elevatória de Esgoto Águas Claras. DA ASSESSORIA DE IMPRENSA DO GOVERNADOR RODRIGO ROLLEMBERG. ATUALIZADO EM 3/4/18 ÀS 20:49. Disponível em

<<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/aviso-de-pauta/inauguracao-da-estacao-elevatoria-de-esgoto-aguas-claras/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. Com remanejamento de moradores para áreas seguras, obras avançam. Por RENATA MOURA. ATUALIZADO EM 18/6/19 ÀS 14:28. Disponível em <<https://agenciabrasilia.df.gov.br/2019/06/18/moradores-sao-remanejados-no-sol-nascente/>>

AGÊNCIA BRASÍLIA. O lado agrícola da capital. Por JADE ABREU. ATUALIZADO EM 5/1/16 ÀS 11:38. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2016/01/05/o-lado-agricola-da-capital/>>

ANA. Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba / Agência Nacional de Águas. Brasília. 2013.

ANA. Irrigantes e piscicultores da bacia do Descoberto (DF/GO) devem reduzir em mais 50% suas captações de água. por Carol Braz, Ascom/ANA — publicado 08/03/2017 00h00. Disponível em <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/irrigantes-e-piscicultores-da-bacia-do-descoberto.2019-03-15.2962461443>>

AZEVEDO, H. A. M. A.; BARBOSA, R. P. Gestão de Recursos Hídricos no Distrito Federal: uma análise da gestão dos Comitês de Bacias hidrográficas. Ateliê Geográfico. V.5, n.1, p.162-182, Goiânia – GO, março/2011

BRASIL. Constituição Federal de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de Gestão da APA Federal da Bacia do Rio Descoberto, DF/GO. Brasília: DIREC, 1998.

CAMPOS, J. E. G. HIDROGEOLOGIA DO DISTRITO FEDERAL: BASES PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS. Revista Brasileira de Geociências. 34(1):41-48, março de 2014

CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA., F. H. Geomorfologia In: FONSECA, F. O. Olhares sobre o Lago Paranoá. 1ª edição. Brasília – DF: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, SEMARH 2001

CARDOSO, E. S.; FONSECA, F. O.; SANTOS, R. M. D. B. Vulnerabilidade das áreas protegidas. In: FONSECA, F. O. Olhares sobre o Lago Paranoá, Brasília-DF: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, SEMARH, 1ª edição, 2001

CARMO, M. S., BOAVENTURA, G. R., OLIVEIRA, E. C. GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DESCOBERTO, BRASÍLIA/DF – BRASIL. Quim. Nova, Vol. 28, No. 4, 565-574, 2005

CARVALHO, P. G. M. de. & BARCELLOS, F. C. Mensurando a Sustentabilidade. In. MAY, P. Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. 3 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2010, p. 99-132.

CASTRO, K. B. CONSUMO DE ÁGUA DO DISTRITO FEDERAL POR REGIÃO ADMINISTRATIVA. Texto para Discussão TD - n. 50 (2018) - . - Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2015. n. 50, setembro, 2018.

CHAVES, H.M.L. & Alipaz, S. An Integrated Indicator based on Basin Hydrology, Environment, Life, & Policy: The Watershed Sustainability Index. *Water Resour. Management*. 21:883-895, 2007

CHAVES, H. M. L. Integrated Sustainability Analysis of Six Latin-American HELP Basins. Proceedings of the UNESCO-HELP Meeting, Panama City, Nov. 2011. School of Technology-EFL, Univ. of Brasilia-UnB.

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal - Anuário Estatístico do DF; e Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - PDAD 2015/2016.

CODEPLAN, Pesquisa Distrital por Amostra de Domicilio – PDAD/DF – 2013, Secretaria de Estado de Planejamento e Orçamento do Distrito Federal. GDF, Brasília, 2014

CODEPLAN. Análise do consumo de água tratada no período de racionamento no Distrito Federal. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. GDF, 2018

CODEPLAN. Atlas do Distrito Federal, 1984

DIAS, Genebaldo Freire. Iniciação à temática ambiental. São Paulo: Gaia, 2002.

DIAS, L. T. Modelagem dinâmica espacial do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Lago Paranoá – DF: 1998-2020. Dissertação de mestrado em Geociências Aplicadas, Geoprocessamento e Análise Ambiental. Instituto de Geociências. UNB. 2011

ECHEVERRIA, R. M. Avaliação de Impactos Ambientais nos Tributários do Lago Paranoá, Brasília – DF. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências. UNB, 2007

EMBRAPA. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Boletim técnico, nº 53, SNLCS: Rio de Janeiro 1978.

ESTY, D. & M. Levy (2005). Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship. New Haven, CT, 40 p.

FERRANTE, J. E. T., RANCAN, L., NETTO, P. B. Meio Físico In: FONSECA, F. O. Olhares sobre o Lago Paranoá, Brasília-DF: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, SEMARH, 1ª edição Cap. 3, p. 45-79, 2001

GDF. Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica. IBRAM, Governo do Distrito Federal. Brasília. 91p. 2017. Disponível em < <http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Plano-27%C2%AA-ciea.pdf>>

GDF. Síntese de informações Socioeconômicas 2010. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Brasília: CODEPLAN, 89p. 2010

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1 de julho de 2018

IBRAM. Distrito Federal (Brasil). Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Guia de Unidades de Conservação do Distrito Federal / Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. 33p. – Brasília, DF: 2014

LANDAU, E. C., GUIMARÃES, D. P., REIS, R. J. Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal - Brasil / Elena Charlotte Landau, Daniel Pereira Guimarães, Ruibran Januário dos Reis. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 35 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1619-0154; 77).

LAWRENCE, P., J. Meigh, & C. Sullivan (2003). The Water Poverty Index: International Comparisons. Wallingford, 9 p.

MARTINS, E.S. 2000. Petrografia, mineralogia e geomorfologia de rególitos lateríticos no Distrito Federal. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Publicado na Internet disponível em 22 de junho de 2019

MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. Geomorfologia do Distrito Federal. In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB, 1998

MAYNARD, I. F. N., CRUZ, M. A. S., GOMES, L. J. APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAPARATUBA EM SERGIPE. Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XX, n. 2. p. 207-226. abr.-jun. 2017

MEIGH, J. & C. Sullivan (2004). Using the Climate Variability Index to assess vulnerability to climate variations. CEH Wallingford, 2p.

MENEZES, P. H. B. J. Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. UNB, 2010

NOVAES PINTO, M. Unidades geomorfológicas do Distrito Federal. Geografia, 11(21) [S.l. : s.n.], 1986

ONU. Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum” – definição e princípios, Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, 1987. Disponível em <<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>

PÁDUA, A. J. AVALIAÇÃO INTEGRADA DA SUSTENTABILIDADE DA BACIA DO RIO SÃO BARTOLOMEU. Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Engenharia Florestal da UNB, 2016

PNUD. Glossário de termos e definições do ODS 12 - Consumo e produção responsáveis, PNUD Brasil, 2019. Disponível em <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/ods/glossario-do-ods-12---consumo-e-producao-responsaveis.html>>

PORTAL EBC. Entidades assinam acordo para recuperação da bacia do Rio Descoberto. Publicado em 23/03/2018 - 19:17. Por Agência Brasil. Brasília.

Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-03/entidades-assinam-acordo-para-recuperacao-da-bacia-do-rio-descoberto>>

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; CARVALHO JR, O. A. Mapa pedológico digital – SIG atualizado do Distrito Federal escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2004

SEMA-DF. Mapa Hidrográfico do Distrito Federal. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal. Brasília. 2016

SETTI, Arnaldo Augusto. A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos. Brasília: DITEC; IBAMA, 1996.

SILVA, L. R.; NETO, J. F. C. A sustentabilidade dos recursos hídricos do Distrito Federal. Univ. Hum., Brasília, v. 5, n. 1/2, p. 77-107, jan./dez. 2008

SOUSA, K. T., ALMEIDA, C.S., VIEIRA, F. M., MOURA, P. C. L., NETO, J. F. C. Mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Descoberto – DF utilizando imagens de satélite CBERS-2. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2233 – 2239

YASSUDA, E. R. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: FUNDAMENTOS E ASPECTOS INSTITUCIONAIS. Rev. Adm. púb., Rio de Janeiro, 27 (2): 5-18, abr-jun.1993