

# ANÁLISE SWOT DA GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PIAUÍ

SWOT ANALYSIS OF THE GROUNDWATER MANAGEMENT IN PIAUÍ

Recebido: 30/05/2018

Revisado: 28/08/2018

Aceito: 30/08/2018

Pedro Benjamin Carreiro Lima Monteiro  
Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

## RESUMO

A análise SWOT é uma ferramenta da administração utilizada para analisar os ambientes interno e externo de uma organização a fim de identificar os pontos fortes e fracos e estabelecer os cenários para um determinado objetivo. Transpondo essa noção para a gestão de recursos hídricos, a análise SWOT poderia ser utilizada na produção de cenários visando o fortalecimento da gestão. Assim, ela foi utilizada para compor os cenários da gestão das águas subterrâneas no estado do Piauí. Foram elencadas as forças e as oportunidades que poderiam auxiliar no fortalecimento da gestão, bem como as fraquezas e ameaças que dificultariam a consecução desse objetivo.

**Palavras-chave:** Águas subterrâneas, Piauí, ameaças e oportunidades, fraquezas e forças.

## ABSTRACT

SWOT analysis is an administration tool used to analyze the internal and external environments of an organization in order to identify advantages and disadvantages to establish scenarios for a certain goal. Transposing this notion to water resources management, SWOT analysis could be used to elaborate scenarios looking for the strengthening of the management. Thus, it was used to produce the scenarios of groundwater resources in the state of Piauí. It was listed the strength and opportunities which could help on the strengthening of management, as well as the weaknesses and threats which could difficult achieving the goal.

**Keywords:** Groundwater, Piauí, threats and opportunities, weaknesses and strengths.

## 1. INTRODUÇÃO

SWOT é um acrônimo para strengths (forças), weaknesses (fraquezas), opportunities (oportunidades) e threats (ameaças). A análise SWOT foi criada entre as décadas de 1960 e 1970 por Albert Humphrey, ao conduzir um projeto de pesquisa para identificar por que os planejamentos estratégicos de empresas haviam falhados (HOFRITCHER, 2017). Ela visa a análise dos ambientes interno e externo a fim de saber quais são os fatores (internos e externos) que podem auxiliar ou dificultar um determinado objetivo (HOFRITCHER, 2017). O ambiente interno refere-se a fatores tangíveis e intangíveis internos a uma organização, mas que estão sob seu controle, já o ambiente externo seria aqueles fatores fora do controle da empresa, que podem tanto ser atrativos ou um risco (HOFRITCHER, 2017). Ambos os ambientes são analisados do ponto de vista das vantagens e desvantagens, sendo que

para o ambiente interno recebem o nome de forças e fraquezas; e do ambiente externo são classificados de ameaças e oportunidades.

Como se mencionou anteriormente, a ferramenta foi originalmente desenvolvida para a aplicação de empresas e corporações, contudo outras áreas do conhecimento também passaram a utilizá-la, como economia, direito, engenharia e ciências ambientais (KALLIORAS et al., 2010). Braun e Amorin (2014) citam alguns trabalhos bem-sucedidos na proteção de áreas ambientais como a elaboração do plano estratégico para o Parque Nacional de Ilha Grande, no Paraná, e o Parque Estadual Morro do Diabo, em São Paulo. Os autores utilizam a metodologia a fim de elaborar um diagnóstico de campo rápido para melhorar o processo de tomadas de decisões e o desenvolvimento de um plano de gerenciamento

para o Parque Estadual de Ilha Grande (PEIG), no Rio de Janeiro. Kallioras et al. (2010) utilizam a técnica para propor uma série de medidas para evitar a superexploração dos aquíferos costeiros na Grécia. Já Praveena e Aris (2009) a utilizam para sistematizar a situação das águas subterrâneas de 55 ilhas. Nagara et al. (2015) utilizaram a ferramenta a fim de montar uma análise comparativa para diversas soluções para escassez hídrica nas zonas áridas e semiáridas da Ásia e África. Por essa versatilidade da ferramenta é que se julgou interessante a sua utilização para caracterizar a gestão das águas subterrâneas no Piauí.

As águas subterrâneas são uma importante fonte de recursos hídricos para mundo. A Food and Agricultural Organization of The United Nations (2016) aponta que elas são responsáveis por 36% de toda a água potável, 24% para o suprimento da indústria e 43% de toda a água utilizada na irrigação. Apesar disso, a sua gestão esteve relegada a segundo plano. Alguns autores (MEGDAL et al, 2017; MECHLEM, 2012) explicam que por ser um recurso invisível e seus problemas demorarem a surgir, preferiu-se concentrar na gestão de águas superficiais; que são de mais fácil controle e os impactos são sentidos imediatamente. Llamas e Martinez-Santos (2005) mostram que as águas subterrâneas começaram a ser utilizadas para a irrigação no início do século XX, contudo os primeiros problemas e conflitos de uso começaram a ser noticiados apenas no final desse século e início do século XXI. No início dos anos 2000, contudo, essa visão começa a mudar. Várias entidades internacionais começaram a produzir estudos sobre a gestão das águas subterrâneas, e plataformas para divulgar informações sobre o recurso hídrico subterrâneo, vide o Global Groundwater Information System (GGIS) e World-wide Hydrogeological Mapping (WHYMAP). Megdal et al. (2017) citam que a comunidade acadêmica também tem contribuído para mudar essa visão.

Assim, como o restante do mundo, o Piauí apresenta uma grande demanda por águas subterrâneas, principalmente voltado para irrigação, no sul do estado. O estado pertence a região Nordeste do Brasil, com duas estações do ano bem definidas: período chuvoso e o período seco. Por causa disso, a maior parte dos rios são intermitentes ou efêmeros, sendo mais interessante, portanto, utilizar as águas subterrâneas, por serem mais

resilientes as condições climáticas. Porém, com uma gestão de recursos hídricos incipiente, esse tipo de fonte hídrica encontra-se ameaçado. Vidal (2003) relata que o volume extraído do aquífero Serra Grande, no município de Picos, no ano de 2001, foi 140% maior que o volume de recarga. De acordo com o autor, a zona urbana do município gera um rebaixamento de 0,90 m/ano nos níveis potenciométricos do aquífero. O Plano Estadual de Recursos Hídricos (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010) também chama atenção para o sistema aquífero Poti/Piauí, na bacia do rio Longá, afirmando que ele poderá chegar ao limite da sua vida útil em 8,6 anos se não mudarem a política de uso dos recursos hídricos subterrâneos. Por isso, como forma de caracterizar a gestão e perceber aqueles fatores que podem influenciá-la de maneira positiva ou negativa, elaborou-se essa matriz SWOT para a gestão de águas subterrâneas no Piauí.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Piauí é um estado do Nordeste brasileiro, possui 251.611,929 km<sup>2</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017); dos quais 79,73% estão inseridos no semiárido brasileiro (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2018). Segundo o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), o estado está situado numa zona de transição entre o semiárido e a região pré-amazônica, o que confere ao estado dois regimes hídricos distintos: um úmido, a oeste, e outro seco, mais a leste. As temperaturas médias do estado variam entre 26,5 °C e 27,5 °C, mas a capital Teresina chega a registrar valores superiores a 40°C. As altas temperaturas no estado contribuem para uma alta evaporação (a maior já registrada foi de 4.033,33 mm/ano em Paulistana), o que pode gerar um déficit hídrico de até 532 mm/ano (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). Quanto a divisão hidrográfica, o estado está quase completamente inserido na bacia do rio Parnaíba, apenas uma pequena parte (no litoral) pertence a bacia do Atlântico Nordeste Oriental (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE

E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). O estado pode ser dividido em doze sub-bacias hidrográficas, das quais apenas a Difusas do Litoral não pertence a bacia do rio Parnaíba, como pode ser visto pela figura 01.

Segundo o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), a disponibilidade hídrica superficial é de 18,0 km<sup>3</sup>/ano, contudo ela está concentrada no rio Parnaíba, cuja a vazão pode variar de 194,05 m<sup>3</sup>/s, na sub-bacia do Alto Parnaíba, a 710,92 m<sup>3</sup>/s, na sub-bacia do Baixo do Parnaíba (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). Outros rios, como o rio Canindé tem uma vazão máxima de 80,66 m<sup>3</sup>/s (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). Entretanto, um recurso melhor distribuído, que abrange quase todo o estado são as águas subterrâneas. 80% do estado está assente sobre a bacia sedimentar do Parnaíba (figura 02), possuindo três aquíferos principais de extensão regional, que respondem por quase 90% dos recursos subterrâneos do estado: Serra Grande,

Cabeças e sistema Poti/Piauí (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). Apenas uma pequena parte do estado, fronteira com Pernambuco e Ceará, assente sobre escudo cristalino, apresenta uma baixa produção e uma concentração de sólidos totais acima de 1.000 mg/L. Essa mesma concentração também pode ser encontrada em aquíferos do litoral piauiense (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010).

Na região do Vale do Gurgueia, ainda é possível encontrar poços jorrantes. A alta produção dessa região levou Feitosa et al. (2012) a classificarem a região como uma Zona Estratégica de Produção de Águas Subterrâneas (ZEPAS). Segundo eles, o monitoramento feito em 39 poços produtores mostrou uma vazão média de 500 m<sup>3</sup>/h/poço. Com essa vazão seria possível construir uma adutora que pudesse fornecer água a porção semiárida do estado. Contudo o projeto nunca chegou a ser implementado.

Segundo a plataforma SIAGAS (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2018), o Piauí é o terceiro estado com o maior número de poços perfurados no

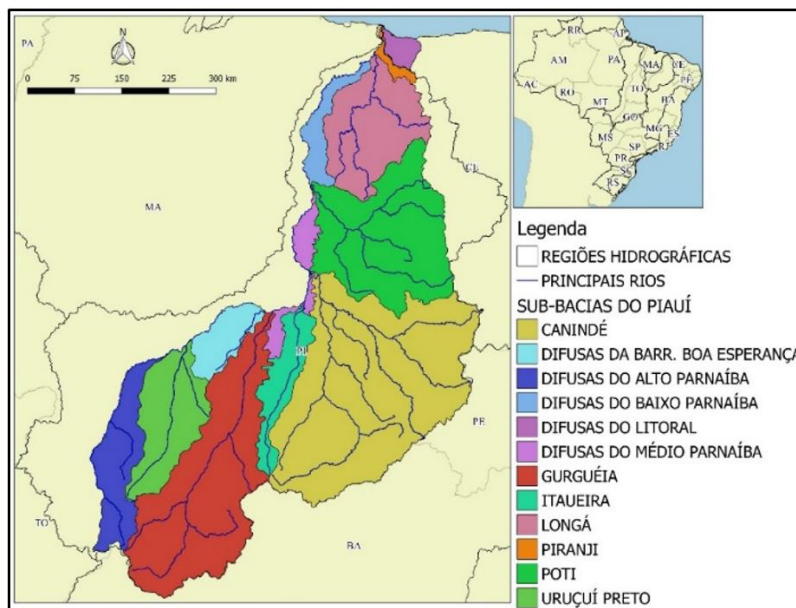


Figura 1 - Sub-bacias do Piauí

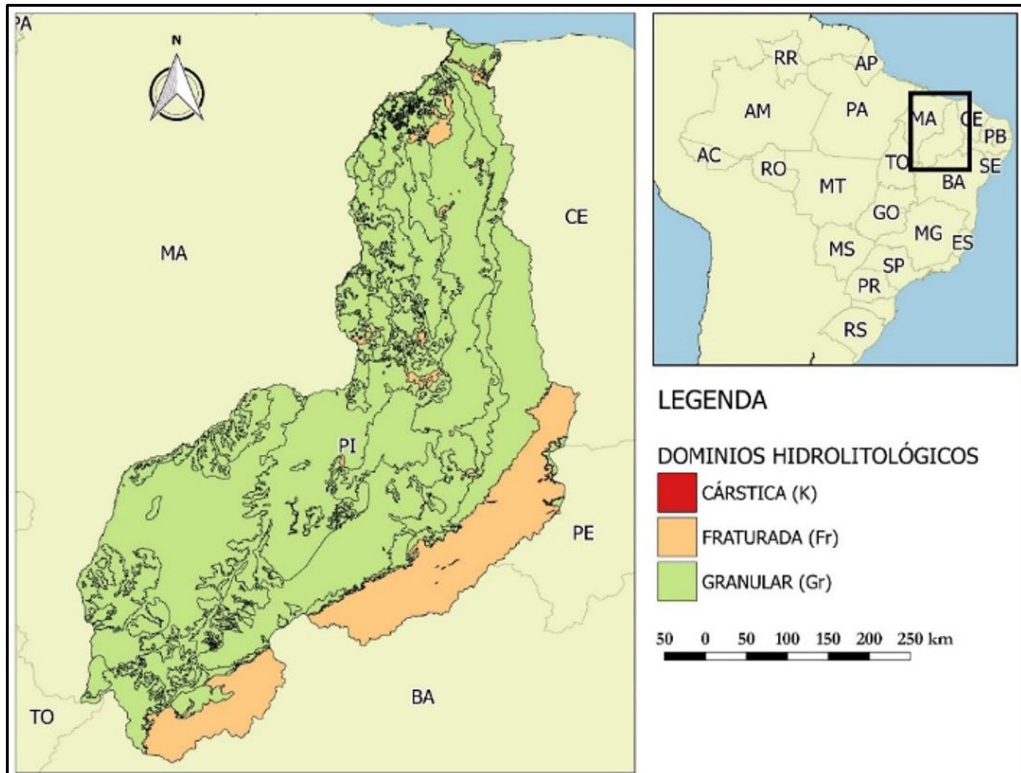


Figura 2 - Domínios Hidrolitológicos do Piauí

Brasil – quase 30 mil. Contudo, segundo o banco de dados do órgão gestor, existiam apenas 8.618 processos para pedidos de outorga desde 2006 até julho de 2018. Desses, apenas 56,37% tiveram seus pedidos aprovados. Foi feito também um levantamento mais detalhado referente aos anos de 2016 e 2017, a fim de conhecer as principais demandas pelo uso das águas subterrâneas. Foram levados em consideração apenas as outorgas emitidas para águas subterrâneas.

É interessante perceber que das 747 outorgas emitidas, apenas 3,0% referiam-se às águas superficiais (em sua maioria eram outorgas para diluição de efluentes). Os principais usos percebidos pelo levantamento foram irrigação (85,06%), consumo humano (6,42%) e indústria (7,70%). Da análise dos dados, foi possível também espacializar o consumo das águas subterrâneas por município, do qual percebe-se o seguinte: (i) a irrigação está concentrada na região dos

Cerrados, (ii) o uso industrial encontra-se concentrado na Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) Grande Teresina; (iii) a demanda por consumo humano mostra-se generalizada pelo estado. As figuras 03, 04, 05 e 06 foram produzidas a partir dos volumes médios outorgados nos anos de 2016 e 2017.

Embora o universo analisado seja pequeno, ele corrobora com as estimativas do Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), em que são eleitos a irrigação, o abastecimento humano, dessedentação animal e indústria. Infelizmente, não foi possível analisar o volume para a dessedentação animal, pois quando essa aparecia, dentre as finalidades, seu volume vinha junto com o consumo humano, não sendo possível conhecer a porcentagem do volume destinada a cada uso. Segundo os dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS

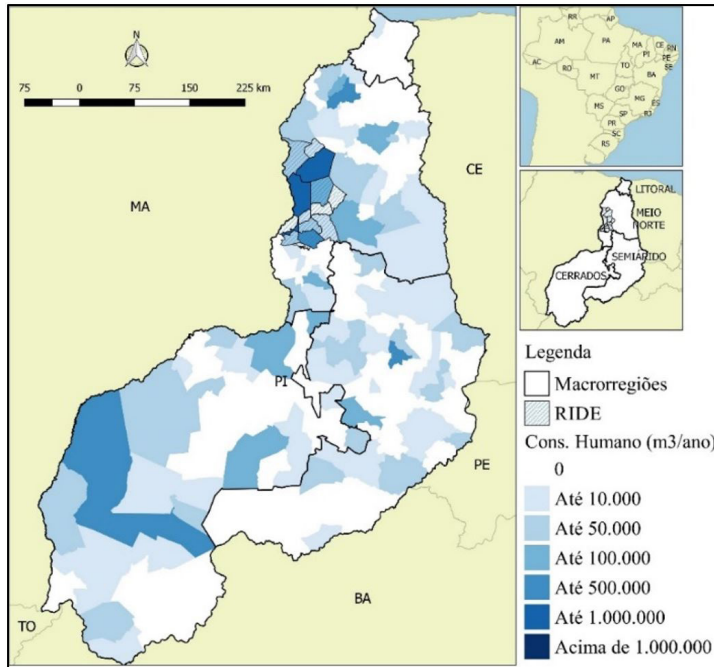


Figura 3 - Volume outorgado para consumo humano por município considerando os anos de levantamento

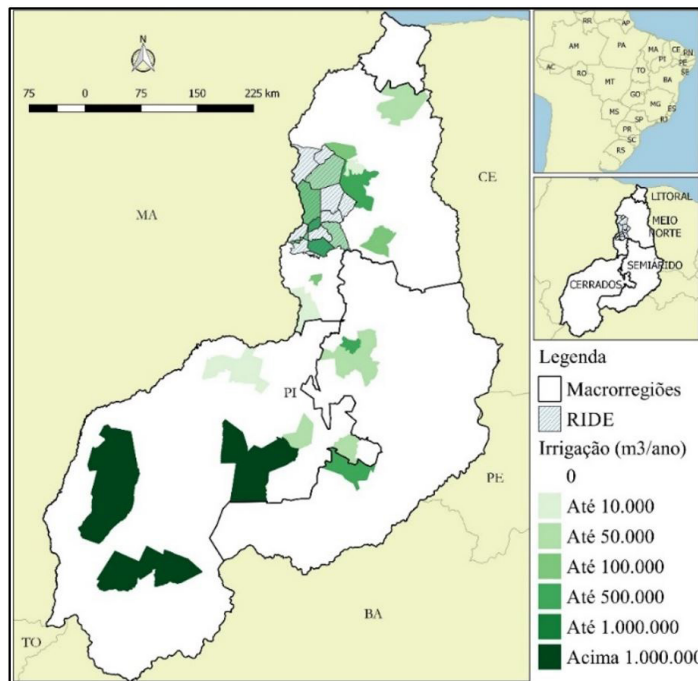


Figura 4 - Volume outorgado para irrigação por município considerando os anos de levantamento



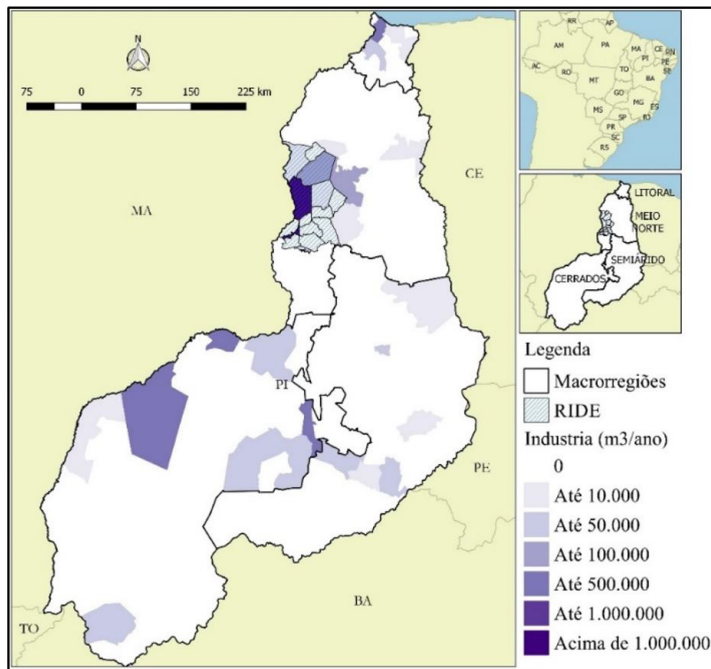


Figura 5 - Volume outorgado para indústria por município considerando os anos de levantamento

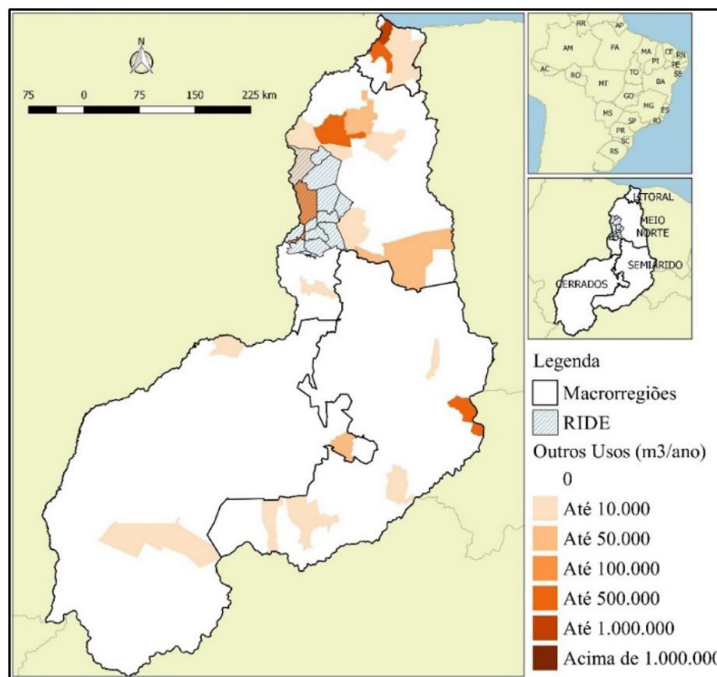


Figura 6 - Volume outorgado para outros usos por município considerando os anos de levantamento

(BRASIL, 2016), do total de 176 municípios que responderam ao questionários, 58,92% dos municípios piauienses têm abastecimento exclusivo por águas subterrâneas, enquanto 20% têm abastecimento misto (feito por águas subterrâneas e superficiais), ou seja, quase 80% dos municípios piauienses dependem das águas subterrâneas para o seu abastecimento. A capital Teresina responde por 11% do volume total de águas subterrâneas utilizado no abastecimento humano.

Além do percentual mencionado no parágrafo anterior, a capital concentra cerca de 25,29% dos habitantes do estado e 47,09% do PIB (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017). É também nesse município que se concentra o pólo industrial e, 80% do volume outorgado para Teresina era referente a esse uso. Ainda pode-se mencionar a resolução específica do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-PI) para Teresina para pedidos de outorga de águas subterrâneas. Isso porque o centro da capital está situado entre os rios Poti e Parnaíba, tornando a região suscetível a “sinistros geológicos, geotécnico e hidrogeológico” (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015), o principal deles foi o afundamento ocorrido na rua Francisco Mendes, em 2008, provocando danos estruturais em residências (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2008).

O agronegócio desenvolve-se no sul do estado, na região conhecida como MATOPIBA, formada pelos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Spera et al. (2016) mostram que entre 2003 e 2013 o MATOPIBA quase duplicou a sua área de cultivo, sendo que o Piauí apresentou a maior taxa de expansão, de 120.000 ha para aproximadamente 450.000 ha. Contudo, não é possível dizer qual tipo de cultura irrigada pelo levantamento feito (figura 04), pois essa informação não consta nos documentos de outorgas emitidas.

## 2. METODOLOGIA

Para a análise SWOT, na composição da matriz, levou-se em consideração a estrutura organizacional, a legislação, a participação da sociedade e o nível de informação sobre águas subterrâneas. O ambiente interno considerado refere-se a esfera político-administrativa do estado, a Política Estadual de Recursos Hídricos e demais

legislações existentes, as várias instituições estaduais atuantes no gerenciamento dos recursos hídricos e principalmente a atuação do órgão gestor de recursos hídricos. Já como ambiente externo foram levados em consideração os órgãos federais presentes no estado, os vários programas federais para preservação e conservação do meio ambiente, e a relação com outros estados. É importante dizer que os exemplos citados acima não são exaustivos, apenas explicativos. Um dos objetivos da análise SWOT é poder determinar quais são os fatores internos (controláveis) e externos (não-controláveis) de uma organização (HOFRITCHER, 2017).

Tendo em mente isso, para a composição do trabalho foram utilizados documentos, principalmente o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010) e o projeto Governança das Águas Subterrâneas (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016). Também foi feito uma pesquisa bibliográfica a fim de comparar a situação do estado do Piauí com outras regiões do planeta. A parte seguinte foi montar a matriz SWOT. Hofritcher (2017) argumenta que existe várias maneiras de se representar graficamente a matriz, devendo ser escolhida a que for mais adequada para o trabalho. Sendo assim, dispôs-se de um modelo baseado no trabalho de Kallioras et al. (2010), por considerar mais pertinente a esse trabalho. Posteriormente, no tópico Resultados e Discussão são discutidos cada um dos tópicos expostos na matriz.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 07 apresenta a matriz SWOT para a gestão das águas subterrâneas no Piauí. A seguir são discutidos cada um dos itens destacados na figura.

### Forças (Strengths)

Como mencionado acima, as forças na matriz SWOT refere-se ao ambiente interno de uma organização, fatores positivos que fazem com que essa se diferencie da concorrência. Na análise do ambiente interno da gestão, foram destacados três itens: (i) Política Estadual de Recursos Hídricos; (ii) Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH); (iii) Adoção do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CENARH).

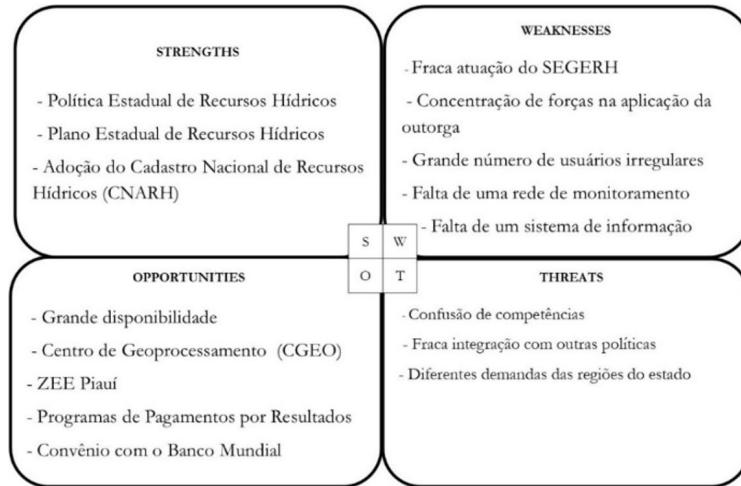


Figura 7 - Matriz SWOT

Para alguns autores como Hager et al. (2002), Llamas e Martinez-Santos (2005), Mechlem (2012) e Megdal et al. (2017) a gestão das águas subterrâneas sempre ocupou um papel secundário na gestão de recursos hídricos. Segundo Hager et al. (2002) há um problema de semântica, uma vez que quando se fala em recursos hídricos, muitos associam a expressão apenas as águas superficiais. Mechlem (2012) explica que historicamente a legislação sobre recursos hídricos sempre se preocupou mais com a gestão das águas superficiais. Como as águas subterrâneas não podem ser vistas e os seus problemas demoram a aparecer (MEGDAL et al., 2017), isso gerou uma “hidroesquizofrenia” (LLAMAS E MARTINEZ-SANTOS, 2005) na gestão, em que se avançou com a gestão das águas superficiais, deixando para trás a gestão das águas subterrâneas. Nesse contexto, pode-se dizer a Política Estadual de Recursos Hídricos do Piauí mostra-se a frente do seu tempo, inserindo dentro do seu texto um capítulo especialmente voltado para as águas subterrâneas. Apenas outras seis políticas estaduais fazem o mesmo: Rio de Janeiro, Paraná, Pará, Amazonas, Tocantins, Pernambuco (OLIVEIRA, 2012).

Um aspecto importante da Política Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015) é quanto ao caráter público das águas subterrâneas, a necessidade de outorga para o seu uso e a separação dela

e o direito de propriedade da terra. Muito embora esse aspecto seja decorrente da promulgação da Constituição Federal de 1988 – CF/1988 - (BRASIL, 1988) e da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH - (BRASIL, 1997); ele obedece ao que diz o projeto Governança das Águas Subterrâneas (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016) quanto ao fortalecimento da governança das águas subterrâneas quanto ao seu caráter legal. Quanto ao seu conteúdo, a Política Estadual de Recursos Hídricos (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015) apresenta-se muito semelhante ao da PNRH, entretanto se diferencia em alguns aspectos como a adoção dos instrumentos de compensação aos municípios, que na PNRH foi revogado, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FERH), um fundo financeiro criado para apoiar a gestão, e como já mencionado, o capítulo voltado às águas subterrâneas.

De fato, a Política Estadual, promulgada pela lei estadual nº 5.165, de 20 de agosto de 2000, traz em seu conteúdo alguns artigos sobre águas subterrâneas, como a inclusão expressa na elaboração do Plano Estadual de “um programa de gestão de águas subterrâneas, compreendendo a pesquisa, o planejamento, o mapeamento da vulnerabilidade à poluição, a delimitação de áreas destinadas à sua



proteção e controle e monitoramento” - XI, art. 5º - (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015). Ademais, do art. 50 ao art. 63, a referida lei estabelece zonas de proteção, as quais são: (i) Área de Proteção Máxima, (ii) Área de Restrição e Controle e, (iii) Área de Proteção de Poços e Outras Captações. A primeira refere-se à proteção de zonas de recarga de aquíferos altamente vulneráveis a poluição e a zonas essenciais para o abastecimento humano. A segunda disciplina as extrações e controle máximo das fontes poluidoras já implantadas e restrições a fontes potencialmente poluidoras e a terceira, a área de proteção dos poços e a distância mínima entre poços e outras captações - art. 52 (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015).

O conteúdo desses artigos é semelhante ao dos decretos estaduais do estado de Pernambuco – decreto nº 20.423, de 26 de março de 1998 (PERNAMBUCO, 1998) – e de São Paulo – decreto nº 32.955, de 07 de fevereiro de 1991 (SÃO PAULO, 1991) – que regulamentam as respectivas leis sobre conservação e proteção das águas subterrâneas. É interessante notar que quando da definição das áreas de proteção e do estabelecimento dos critérios para sua delimitação e das permissões de uso das águas, as três legislações apresentam um texto bastante semelhante, o que não significa dizer que essas áreas sejam menos importantes para a gestão ou que elas destoam da realidade do estado. Na verdade, a expressa definição dessas áreas na Política Estadual, demonstra a importância das águas subterrâneas para o Piauí. Além disso, enquanto o decreto apenas regulamenta uma lei, essa tem caráter maior, de estabelecer diretrizes e a obrigação de um processo legislativo a torna difícil de ser revogada ou alterada, o que não acontece com um decreto.

O capítulo referente às águas subterrâneas ainda dispõe sobre a recarga artificial de aquífero, devendo essa ser precedida de estudos que comprovem sua conveniência técnica, econômica e sanitária (art. 60), sobre a celebração de convênios com outros Estados para aquíferos compartilhados no intuito de estabelecer o uso harmônico e sustentável desse (art. 61), e sobre as águas minerais, no qual determina que essas serão regidas pela legislação federal (SECRETARIA DE

MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015). Contudo, chama-se atenção para o art. 63, que determina um prazo de 360 dias para regulação de todas as captações de águas subterrâneas anteriores a lei, uma vez que não se tenha pensado na logística para essa operação e nem tampouco na capacidade do órgão gestor, que como será discutido mais adiante apresenta uma série de limitações; o cumprimento desse artigo é um desafio. O projeto Governança das Águas Subterrâneas (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016) chama atenção que não é a elaboração de uma lei que fará diferença, mas sua implementação e efetividade. Entretanto, como lembra Kallioras et al. (2010) o conteúdo da lei, bem como a sua promulgação, gera um otimismo para a gestão das águas subterrâneas.

Outro ponto positivo considero é o Plano Estadual de Recursos Hídricos (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). De acordo com o projeto Governança das Águas Subterrâneas (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016) a elaboração de planos diretores é o último passo para o fortalecimento da governança das águas subterrâneas e deve reunir as informações das etapas anteriores, quais sejam: criando a base para uma governança adequada, construindo instituições efetivas, constituindo links essenciais e o redirecionamento financeiro. A primeira diz respeito a um diagnóstico sobre as águas subterrâneas, o contexto aonde se insere, quem são as instituições responsáveis pela sua gestão, o envolvimento dos atores entre outros, a fim de identificar quais são os pontos que necessitam ser melhorados. A segunda etapa tem relação com o órgão gestor, “a construção de uma instituição legítima e com credibilidade aos olhos dos atores da gestão” (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016). A terceira etapa refere-se a gestão integrada não apenas das águas subterrâneas com as superficiais, mas com outras políticas como a de saneamento, meio ambiente, energia elétrica e mudanças climáticas, por exemplo. Por fim, a quinta etapa, redirecionamento financeiro, diz respeito a encontrar maneiras para financiar a gestão de águas subterrâneas.

O Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010) é composto por nove volumes mais um relatório síntese para divulgação, nos quais são abordados a matriz institucional da gestão de recursos hídricos, as diretrizes estratégicas para o fortalecimento da gestão, diagnóstico da demandas e disponibilidades, integração com a política de meio ambiente, o prognóstico e os programas e ações para gestão. Na matriz institucional é feito um levantamento de todas as instituições que interferem na gestão de recursos hídricos, focando principalmente na situação e a credibilidade do órgão gestor. O Plano Estadual destaca alguns pontos, como: (i) a “pulverização de competências”, uma vez que vários órgãos acabam por realizar funções privativas do órgão gestor, (ii) a pequena capacidade técnica e operativa do órgão gestor, (iii) o organograma simplista, que não abarca a complexidade da gestão de recursos hídricos e (iv) e conflito ético, uma vez que o órgão gestor é responsável pela construção de adutoras no semiárido do estado e também o fiscal ambiental. Para sanar esses problemas, o Plano sugere que o órgão gestor estadual seja colocado numa posição central em relação as articulações institucionais, fazendo um paralelo com a Agência Nacional de Águas (ANA), ademais recomenda, como forma de fortalecimento institucional, a realização de concurso público, capacitação técnica e, uma reorganização na estrutura interna de modo a contemplar todos os instrumentos de gestão e demais ações necessárias a gestão de recursos hídricos.

Com relação às águas subterrâneas em específico, o Plano Estadual, para composição do diagnóstico, consultou os trabalhos produzidos pelo Projeto Áridas (2000), Levantamento Básico dos Recursos Naturais da Bacia do Parnaíba nos Estados do Piauí, Maranhão e Ceará, organizado pela SUDENE em 1975 e o banco de dados do SIAGAS/CPRM, AGESPISA e SEMAR. Da análise do banco de dados da CPRM, foi possível discriminar a quantidade de poços perfurados por bacia, por aquífero e também dos usos feitos. Além disso, o volume reúne uma série de informações quanto aos aquíferos, como: extensão, profundidade, condutividade hidráulica, transmissividade, coeficiente de armazenamento, áreas de recarga, reservas, potencialidades e disponibilidades

hídricas e recursos exploráveis. É nesse volume, ao analisar os mapas potenciométricos produzidos no trabalho da SUDENE e os produzidos para o próprio plano, que o Plano afirma o rebaixamento da ordem de 100 m sofrido pelos aquíferos Serra Grande e Cabeças na zona oriental (zonas livres ou de reduzido confinamento).

O Plano também sugere, apesar de considerar que a grande disponibilidade e a baixa exploração, zonas de restrição a exploração, dividindo em dois grupos: zonas de controle e zonas de proteção. A primeira com um risco moderado de comprometimento do aquífero, e a segunda exigindo um nível mais rigoroso de proteção, “devendo ser imediatamente providenciados estudos hidrogeológicos locais” (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). Ele ainda faz uma projeção da quantidade de anos necessários para o esgotamento das potencialidades dos aquíferos considerando uma taxa de crescimento na exploração de 2%, 4% e 8%, do qual é possível concluir que os aquíferos que se apresentam em risco no pior cenário é o sistema Poti/Piauí, na bacia do rio Longá, com apenas 8,6 anos. Há também informações sobre a qualidade das águas subterrâneas, mostrando que de uma maneira geral elas se apresentam com uma concentração de sólidos dissolvidos (STD) inferior a 500 mg/L, sendo que em áreas muito específicas (sudeste do estado e litoral) essa concentração é superior a 1000 mg/L.

Contudo no estabelecimento de um programa de ações para águas subterrâneas o Plano se limita a sugerir duas ações: (i) perfuração de poços, para aumentar a oferta hídrica, (ii) controle de superexploração de aquíferos, com instalação de medidores de vazão nos poços jorrantes da região do Vale do Gurguéia. Além disso, o Plano não apresenta um planejamento para a gestão de águas subterrâneas, como é exigido pela lei nº 5.165/2000, art 5º, inciso XI. Outro fator que pode comprometer é quanto a idade do Plano, já que foi produzido em 2010. Nesses oito anos, o Plano não sofreu uma única atualização e dados nele apresentados podem não representar mais a realidade do estado.

O último ponto considerado como ponto forte do ambiente interno é a adoção do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH). Ele é uma plataforma criada pela Agência Nacional de Águas

(ANA), mas que foi disponibilizado aos estados para que cadastrassem os seus usuários. É válido dizer que, embora seja uma plataforma gerida pela ANA, o CNARH permite ao órgão gestor um amplo acesso as suas funcionalidades, como: o gerenciamento dos usuários existente no estado, produção de relatórios, alteração dos dados de usuários cadastrados, entre outros; por isso a plataforma foi incluída nesse item.

Com a adoção do CNARH, torna-se mais fácil para o órgão gestor monitorar os usuários de recursos hídricos, bem como também, mais simples quantificar esses usuários por bacia, por aquífero e por usos. Outro ponto favorável é que o estado, através do decreto nº 16.142, de 14 de agosto de 2015 (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015), determinou que seja feita uma campanha de cadastramento e que todos os usuários sejam cadastrados na plataforma, o que fortalece o seu uso. O órgão gestor, através de uma resolução interna determinou que todos os novos usuários deveriam se cadastrar no CNARH antes de requisitarem o pedido de outorga de uso dos recursos hídricos.

Recentemente a Agência Nacional de Águas (ANA) alterou o sistema. O CNARH foi substituído pelo Sistema Federal de Regulação de Usos (REGLA). Essa mudança de sistema irá representar um novo desafio para a SEMAR, uma vez que tanto os usuários quanto os técnicos terão que aprender e se adaptar ao novo sistema.

### **Fraquezas (Weakness)**

Pela figura 07, as fraquezas listadas foram: (i) fraca atuação do SEGERH, (ii) concentração de forças na aplicação da outorga, (iii) ausência de fiscalização; (iv) grande número de usuários irregulares, (v) ausência de uma rede de monitoramento, (v) ausência de um sistema de informações.

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGERH) é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), SEMAR, Comitês de Bacias (CBH), Agência de Bacias e órgãos do poder público municipal e estadual cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos - art. 34, lei nº 5.165/2000 – (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015). Ainda segundo a lei, o SEGERH tem diversos objetivos dentre os quais se destaca: (i) coordenar a gestão integrada de recursos hídricos; (ii) implementar a Política Estadual; (iii) planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e, de modo geral (iv) promover a implementação dos instrumentos de gestão - art 33 – (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015). Entretanto a fraca atuação desses entes tem contribuído para a precariedade do sistema.

É interessante notar que essa percepção é corroborada pelos próprios colegiados, como se pode observar pela avaliação do Progestão/Pacto das Águas (abordado mais adiante). Segundo os relatórios do primeiro ciclo do programa (2013-2016), o Conselho se classificou como nível três, ou seja, apesar de existir um conselho, ele ainda é pouco atuante e/ou funciona em condições precárias. Os comitês por outro lado foram classificados como nível dois: existem comitês apenas em áreas de conflitos devido ao comprometimento hídricos, ou aspectos de gestão de infraestrutura hídrica.

Uma das prováveis causas para isso é a falta de interesse dos membros em participar das reuniões e dos processos de gestão, como se pode observar pela ausência de alguns membros nas reuniões, ocasionando em certos casos o cancelamento das reuniões por falta de quórum. Vaz (2013) explica que os Conselhos de Políticas Públicas, como o CERH e CBHs, têm uma menor participação individual, pois operam sobre uma lógica representativa, “o que implica que a participação depende de critérios eletivos”. Para o autor, as participações nessas instituições são limitadas também pois as reuniões têm uma periodicidade específica; o que exige tempo do integrante para se dedicar à atividade; e os temas tratados exigem compreensão e estudo, uma vez que delineam diretrizes e/ou normas para a área temática, gerando receios por parte dos indivíduos cujo engajamento esteja radicalmente fora de seus padrões e/ou expectativas. “Portanto, os indivíduos podem, na verdade, sequer se sentir como parte efetiva dos processos políticos” (VAZ, 2013).

Outro complicador é a participação majoritária de órgãos públicos, principalmente no Conselho Estadual. Segundo o regimento interno do CERH

(SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015), embora seja previsto uma representação tripartite (Estado, usuários, e sociedade civil), o CERH apresenta como representantes da sociedade civil o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), que são órgãos federais. Jacobi (2006) alerta para o fato das decisões definidas por essa representação majoritária do governo, pois aumenta em muito o poder de manipulação dos consensos e dos resultados. Para o autor, essa participação majoritária reduz o confronto efetivo entre interesses conflitantes, o que desestimula a participação dos cidadãos.

A representação tripartite do Conselho também falha na representação dos usuários, uma vez que apenas prevê assentos para a AGESPISA (concessionária pública dos serviços de saneamento) e representantes dos comitês, mas não prevê vagas direcionadas as categorias dos usuários. Com relação a gestão de águas subterrâneas, vale citar também a não existência de uma câmara técnica específica para o assunto, como acontece nos Conselhos Nacional Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (CNRH) e Conselhos Estaduais de São Paulo e Pernambuco. A criação de uma câmara técnica poderia possibilitar uma discussão aprofundada sobre o tema e possibilitar ações mais efetivas.

Contudo, esse cenário tem sofrido alterações por causa de programas como o Progestão. Embora para a tipologia do estado, seja exigido apenas a existência de ambas instituições mesmo que em funcionamento precário, foi firmado o compromisso com o órgão gestor de pelo menos manter reuniões periódicas do Conselho de modo a respeitar o que diz o decreto de sua formação, ou seja, a cada seis meses (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2015). Além disso, o estado, por intermédio da SEMAR, manifestou interesse para adesão ao ProComitê, com o intuito de fortalecer os comitês de bacias existentes, no qual a Agência Nacional de Águas se compromete a repassar recursos financeiros aos comitês desde que esses sejam investidos em ações de fortalecimento da participação.

A última entidade que compõem o SEGERH discutida aqui é o próprio órgão gestor de recursos hídricos: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí (SEMAR). O projeto Governança das Águas Subterrâneas (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016), estabelece que para o fortalecimento da governança seja identificado e desenvolvido um líder. Esse seria responsável pela gestão das águas subterrâneas, pelo envolvimento dos atores na gestão e por conhecer e divulgar a situação e os problemas existentes em um determinado local relacionado às águas subterrâneas. Vale ressaltar que para isso, é necessário: (i) leis e regulamentações para alcançar o nível requerido de controle sobre o uso e atividades potencialmente poluidoras; (ii) um bom arranjo estrutural com adequada capacidade para elaboração de políticas e administração do uso e proteção contra poluição; (iii) mecanismos para permanente participação e envolvimento dos atores para desenvolver a conscientização social das águas subterrâneas como um bem comum; (iv) procedimentos para coordenação e co-gestão com outros setores; (v) organizações para o gerenciamento de aquíferos transfronteiriços (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016). Esse papel é geralmente exercido por uma entidade pública, como é o caso do Piauí.

Criada pela lei nº 4.797, de 24 de outubro de 1995, a SEMAR é tanto o órgão gestor de recursos hídricos quanto o órgão gestor ambiental do estado. Dentre suas funções estão a de formular e executar ambas políticas ambientais, o que difere da escala federal, na qual existe um órgão responsável pela formulação de cada uma dessas políticas e outro para a sua execução. Esse modelo (centralizado e concentrado), sem uma instância subalterna e intermediária, faz com que toda a responsabilidade sobre os acertos e erros da gestão recaiam sobre a SEMAR (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). Além disso, as estruturas responsáveis por cuidar da gestão de meio ambiente e recursos hídricos apresentam um organograma diferente. Enquanto a Superintendência de Meio Ambiente (SMA) mostra-se complexa com várias diretorias e assuntos especializados; a Superintendência



de Recursos Hídricos (SRH) apresenta uma estrutura linear, simplista e focada no instrumento da outorga de direito de uso. “Deixa-se de lado, portanto, toda a perspectiva de fortalecimento da área de recursos hídricos que embasa o Plano Estadual de Recursos Hídricos, fundamental para implementação de uma Política de Recursos Hídricos no Estado” (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010).

Além disso, o pequeno corpo técnico torna difícil a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos. Apenas dois servidores efetivos trabalham diretamente na SRH, o restante do seu corpo técnico é formado por contratos temporários, servidores emprestados de outros órgãos, ou terceirizados. Em outras palavras, grande parte da equipe técnica é formada por profissionais rotativos, sem permanência no órgão, o que é ruim para implementação de programas e continuidade das ações. Para o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), a falta de profissionais é principal gargalo para a gestão de recursos hídricos. Seria ideal que fosse realizado concurso público, principalmente para ocupar as 100 vagas destinadas aos auditores fiscais ambientais (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010). Também é preciso destacar, nesse cenário, o que o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010) chama de pulverização de competências pois diversos órgãos públicos acabam por realizar funções que seriam exclusivas da SEMAR, como é o caso da AGESPISA, que exerce função de planejamento e regulação dos recursos hídricos. A SEMAR também realiza funções alheias às suas competências. É o caso da implementação das adutoras de Bocaina e Pias II na bacia do rio Canindé. Esses casos acabam contribuindo para a descredibilização do órgão gestor. Ou seja, embora a SEMAR seja a responsável pela gestão de águas subterrâneas, faltam a ela elementos necessários para isso, principalmente no que diz respeito a estrutura organizacional e a equipe técnica.

As demais fraquezas elencadas são decorrentes dessa estrutura falha e do pequeno quadro técnico. Como se mencionou anteriormente, a outorga de direito de

uso é o único instrumento com um departamento especializado. Todavia, sem aplicação dos demais instrumentos, principalmente dos planos diretores e enquadramento dos corpos d'água, sua análise é simplista e superficial, concentrando-se basicamente na produção do poço. A Agência Nacional de Águas (2011) lembra que são os planos diretores que irão determinar os usos prioritários, as áreas sujeitas a restrição de uso e as metas de racionalização. O enquadramento relaciona-se com a outorga na medida que dita a qualidade dos corpos d'água, principalmente para efeito de diluição de efluentes (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011). A demais, uma análise mais complexa também exige a implantação e operação de uma rede de monitoramento. O Projeto Governança das Águas Subterrâneas (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016) frisa que um conhecimento baseado em dados suficientes e confiáveis é fundamental para guiar a gestão, exploração e proteção das águas subterrâneas. Logo é preciso conter um banco de dados robusto. Mais além, é preciso processar, interpretar e divulgar essas informações numa linguagem clara e acessível que possa propiciar o envolvimento dos atores na gestão.

Atualmente há uma única rede de monitoramento implantada no estado e se refere ao projeto RIMAS/CPRM (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas) no aquífero Serra Grande a leste do estado. Contudo, vale lembrar que o estado possui outros dois aquíferos amplamente utilizados e de extensão regional (Cabeças e o Sistema Poti/Piauí), mas sem uma rede de monitoramento. Cria-se, então, um paradoxo: concentra-se na análise e emissão de outorga, mas não se tem informações suficientes para analisar o pedido de uma forma a propiciar a boa gestão dos recursos hídricos. Além disso, a falta de um sistema de informação, com a divulgação dos dados de forma clara e acessível por todos, dificulta o envolvimento dos atores, uma vez que eles não conhecem o recurso e, conseqüentemente, não podem tomar decisões a respeito.

O único sistema de informação presente no estado é o SIAGAS (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas) administrado pela CPRM, que dentre as várias informações presentes está a quantidade de poços perfurados no estado do Piauí: 29.435.



O banco de dados da SEMAR registra pouco mais de 8 mil usuários cadastrados, sendo 90% para águas subterrâneas. Ou seja, há um grande número de usuários irregulares no estado, em que não se conhece a sua demanda, os seus usos e as fontes utilizadas. O Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010) chama atenção, quando da construção dos cenários de esgotamento das potencialidades, que é esperado uma média de 2.057 pedidos de outorga para águas subterrânea por ano, entretanto a realidade mostra que essa média é de apenas 196 pedidos, o que leva o PERH a supor o seguinte: (i) o crescimento anual de poços não segue a taxa de crescimento estimada; (ii) a lei nº 5165/2000 não está sendo cumprida; (iii) ambas hipóteses são verdadeiras. Essa falta de controle no uso é preocupante, pois acarreta na superexploração de aquíferos, rebaixamento dos níveis piezométricos, e, em situações mais críticas, subsidência dos solos; como relatado anteriormente.

### **Oportunidades (Opportunities)**

Pela figura 07, as oportunidades destacadas para a gestão de águas subterrâneas são: (i) grande disponibilidade; (ii) CGEO – Centro de Geotecnologia Ambiental e Fundiária do Estado do Piauí; (iii) ZEE-Piauí; (iv) Programas de pagamentos por resultados; e (v) Empréstimo com o Banco Mundial.

Segundo o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), estudos feitos pela CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2015), os aquíferos possuem uma boa disponibilidade hídrica, com produção média a alta e uma boa qualidade das águas. O Relatório da CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2015) destaca que a produção é maior para a parte confinada dos aquíferos Cabeças, Serra Grande e Sistema Poti/Piauí; com vazões superiores a 100 m<sup>3</sup>/h. O Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010) chega a relatar uma vazão de até 600 m<sup>3</sup>/h para o aquífero Cabeças. Com relação à qualidade, nota-se uma concentração de sólidos totais superior a 1000 mg/L apenas na parte sudeste do estado, onde se situa o escudo cristalino, e ao norte, próximo ao litoral. Nas demais, a concentração

está abaixo de 500 mg/L, o que são consideradas águas doces. Se considerar a capacidade de exploração apenas dos três principais aquíferos (Cabeças, Serra Grande, sistema Poti/Piauí) relatada no PERH (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), que é de 4.000 hm<sup>3</sup>/ano, e a população estimada para o ano de 2017 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017) - 3.219.257 hab. - tem-se uma disponibilidade per capita de 1.242,52 m<sup>3</sup>/hab/ano; o que confere uma situação relativamente confortável ao estado, principalmente se comparado com regiões áridas da Ásia e África cuja disponibilidade está abaixo de 1.000 m<sup>3</sup>/hab, considerando tantos rios quanto aquíferos (NAGARA et al., 2015).

O principal risco está relacionado com a contaminação dos aquíferos e a superexploração. O primeiro, não há muitos estudos a respeito, embora a profundidade dos aquíferos seja grande, torna-se necessários estudos ao seu respeito. Foram encontrados dois estudos sobre vulnerabilidade. O primeiro caracteriza a vulnerabilidade dos aquíferos existentes na capital Teresina (Piauí e Pedra de fogo) com uma vulnerabilidade variando de baixa a moderada, tendo como principal ponto de poluição a disposição in situ de efluentes domésticos (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2007). Já o segundo, relata a vulnerabilidade do aquífero Serra Grande, estando mais suscetível à contaminação na sua zona de recarga, mas à medida que se torna confinado seu índice de vulnerabilidade vai diminuindo (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2012). Quanto a superexploração, estudos como o de Vidal (2003) mostram o rebaixamento dos níveis piezométrico dos aquíferos. No caso, o autor constata um rebaixamento de 30 m no aquífero Serra Grande no município de Picos. Já o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), mostra que tanto o Serra Grande quanto o Cabeças sofreram um rebaixamento de aproximadamente 100 m na zona oriental entre as décadas de 1970 a 2000. Vale lembrar ainda, que o uso descontrolado faz o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO

PIAUI, 2010) estimar a vida útil do sistema aquífero Poti/Piauí em 8,6 anos na bacia do rio Longá.

O segundo ponto mencionado é sobre o Centro de Geotecnologia Ambiental e Fundiária do Piauí – CGEO. Esse novo centro pretende ser um grande banco de dados com informações sobre os recursos naturais do estado do Piauí, além de contar com informações sobre o uso e ocupação do solo e a distribuição de terras no estado. Como CGEO pretende também trazer informações sobre o Cadastro Ambiental Rural (CAR), pode-se tornar uma importante ferramenta para a fiscalização do órgão gestor de recursos hídricos. Ademais, pode fornecer informações atualizadas sobre a situação dos recursos hídricos e informações espacializadas sobre o seu uso. Singh (2014) lembra que as ferramentas GIS podem ser utilizadas em consonância com os modelos de simulação para melhor caracterização dos parâmetros hidrológicos e hidrogeológicos. Nesse sentido, pode-se citar o trabalho de Neres et al. (2011) que utiliza a ferramenta para caracterização hidrogeoquímica dos aquíferos costeiros em Cabo Frio (RJ).

Aliado a isso, há também o Zoneamento Ecológico-econômico do estado, em que foi executado um macrozoneamento do estado, sendo detalhados 10 municípios da macrorregião dos Cerrados. O projeto foi concluído em 2015 e teve os objetivos de apresentar um retrato das potencialidades e vulnerabilidades dos meios natural, socioeconômico e ambiental. O ZEE permite a espacialização dos atributos ambientais, suas potencialidades, vocações, fragilidades e conflitos. Vasconcellos, Hadad e Martins Junior (2013) lembram que, por ser um instrumento de organização territorial, o ZEE se torna muito útil para as várias políticas ambientais do Brasil, pois elas se preocupam em estabelecer zoneamentos que orientem o uso do solo de forma sustentável em áreas ambientalmente sensíveis. Pereira et al. (2011) destacam que com o ZEE é possível orientar a formulação de políticas públicas setoriais com maior precisão e consistências, além de fornecer indicadores e índices, que condessam informações, para nortear o monitoramento, acompanhamento e avaliação do planejamento do espaço territorial. Um exemplo disso foi a proposta de zoneamento elaborada por Rovani e Vieira (2017) que utilizam dados de solos, geologia, populacionais, de saneamento, recursos hídricos entre outros para estabelecer as zonas

de consolidação, preservação permanente e restrição de uso. Assim, a utilização do ZEE poderia ser útil para delimitar as zonas de proteção e restrição de uso dos aquíferos, incrementar a análise dos pedidos de outorga de direito de uso, e auxiliar na identificação de ecossistemas dependentes de águas subterrâneas - ecossistemas que dependem da expressão das águas subterrâneas para manutenção dos seus processos ecológicos (RICHARDSON et al., 2011).

Os programas de incentivo para o fortalecimento da gestão de recursos hídricos promovido pela Agência Nacional de Águas (ANA) são outro ponto que pode melhorar a gestão de águas subterrâneas. Esses programas, nomeados genericamente de Programas de Pagamentos por Resultados, apresentam um ponto em comum: é feito um acordo entre a ANA e o órgão gestor do estado, geralmente oficializado por decreto, no qual o segundo se compromete a cumprir determinadas metas, devendo a primeira premiá-la com recursos financeiro a cada meta cumprida. São vários os programas da agência financiados nesse sentido, como: o Progestão, Procomitê, PNQA e Qualiágua e Pagamentos por serviços ambientais (PSA). Aqui serão abordados os três primeiros.

O Progestão é o mais amplo dos três programas e visa a gestão propriamente dita dos recursos hídricos. Primeiramente os estados foram agrupados em quatro tipologias, que relaciona a complexidade do processo de gestão com a estrutura institucional (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013), e para cada tipologia foram estabelecidas metas diferentes, de acordo com o nível de gestão. O programa, então, estabeleceu uma série de metas que os estados deveriam cumprir ao longo de cinco anos, sendo as metas progressivas e cumulativas. O programa avalia diversos aspectos da gestão de recursos hídricos, desde a legislação até mesmo a situação do balanço hídrico. O Procomitê é voltado ao fortalecimento dos comitês de bacia e o pré-requisito para fazer parte do programa é a sua existência de comitês de bacias antes da criação do programa (II, art. 2º, resolução ANA nº 1.595, 19 de dezembro de 2016 - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016). Já o PNQA (Programa Nacional de Qualidade da Água), mais especificamente o Qualiágua, visa o aporte financeiro aos estados desde que esses realizem o monitoramento qualitativo dos rios.

Esse incentivo financeiro gerado através desses programas se torna essencial para a gestão de recursos hídricos, uma vez que os órgãos gestores contam com pouco recursos financeiros para executar suas ações. A SEMAR, por exemplo, no ano de 2014 havia arrecado apenas R\$ 154.498,46; derivados das taxas de análise de pedidos de outorga, enquanto os recursos do PROGESTÃO por ano representavam R\$ 750.000,00; ou seja, quase cinco vezes maior. O entrave principal a execução desses programas é que o órgão gestor deve ser o coordenador das ações, como se viu anteriormente, a SEMAR já concentra diversas funções sem a devida capacidade para cumpri-las; não à toa, apesar de manifestar interesse aos três programas, o órgão apenas aderiu ao PROGESTÃO (segundo ciclo) e, mais recentemente, ao PROCOMITÊ. Todavia, como as metas desses programas são progressivas e proporcionais, a SEMAR deve encontrar problemas para o cumprimento delas pelos motivos já esclarecidos.

Nessa mesma linha de raciocínio, pode ser citado o empréstimo feito pelo estado com o Banco Mundial que tem como objetivo melhorar a gestão de diversas áreas, dentre elas a gestão ambiental. É através desse empréstimo que está sendo desenvolvido o CGEO. Para a gestão de recursos hídricos, o principal projeto refere-se ao cadastramento de todos os usuários de águas subterrâneas, além da elaboração de diversos estudos na área. Um projeto ambicioso, mas que pode trazer diversos benefícios para a gestão, entretanto o principal gargalo continua sendo a pequena capacidade operativa da SEMAR.

### **Ameaças (Threats)**

A principal ameaça encontrada é quanto a pulverização de competências. De acordo com o Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), há uma enorme quantidade de instituições presentes no estado que direta ou indiretamente interferem na gestão de recursos hídricos, sem, contudo, essa função estar prevista no seu rol de competências. A Secretaria de Planejamento (SEPLAN) e de Saúde atuam na promoção e perfuração de poços tubulares, enquanto órgãos como o Instituto de Desenvolvimento do Piauí (IDEPI) exercem atividade de planejamento e gestão quando deveriam, na verdade, ser responsáveis por obras

hidráulicas a fim de aumentar a oferta hídrica. A SEMAR, que é o órgão gestor de recursos hídricos, atua também na promoção de obras hidráulicas, vide, por exemplo, a construção das adutoras de Bocaina/Piauí II, que é de sua responsabilidade. Isso prejudica a gestão de recursos hídricos, enfraquece o órgão gestor e dificulta a implementação da Política Estadual. No caso, ainda, da SEMAR há o questionamento ético, uma vez que o órgão responsável pelo licenciamento ambiental é o mesmo que constrói. Ainda é preciso citar a lei nº 6.995, de 17 de março de 2017 (PIAUI, 2017), que definiu programas e investimentos estratégicos e com eles, criou coordenadorias estratégicas para cuidar de cada programa. Uma delas foi a Coordenadoria de Recursos Hídricos, cujas as funções e competências vão de encontro às competências da SEMAR. Dentre os objetivos da Coordenadoria de Recursos Hídricos estão: (i) a conservação e gestão dos recursos hídricos em articulação com a política ambiental, e (ii) implantar o sistema estadual de monitoramento e os planos diretores de bacias; ou seja, funções do órgão gestor, estabelecidas em sua lei de criação.

O Plano (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010) ainda relata a falta de definição sobre a gestão de obras hídricas, exemplificando casos de barragens construídas, mas que não se sabe qual o órgão responsável pela sua gestão. Para o Plano (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2010), é urgente uma solução institucional para lidar com esse problema. Na sua proposta, considera que a SEMAR deveria cuidar dos sistemas de águas bruta, devendo em sua estrutura contar com uma célula para essa função. Entretanto isso só seria possível quando do aumento da capacidade operativa do órgão. Outra forma de contornar o problema seria também o órgão buscar acordos, termos de cooperação com as demais entidades a fim de centralizar a gestão na sua escala de competência. Um bom exemplo disso são os contratos de gestão firmados entre a ANA e as agências de bacias de rios federais, regulado pela lei nº 10.881; de 09 de junho de 2004 (BRASIL, 2004). Com a celebração de um contrato de gestão, ambos os órgãos teriam obrigações e metas a cumprir, sob um programa

de trabalho, sendo que o órgão delegatário deveria apresentar um relatório das atividades executadas.

Ainda como ameaças à gestão de águas subterrâneas está a fraca interação entre as demais políticas do estado. Segundo o Projeto Governanças das Águas Subterrâneas (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016), para o fortalecimento da governança é necessário estabelecer links essenciais, ou seja, identificar a relação entre as águas subterrâneas e outras fontes de recursos hídricos e com outros setores e como eles interferem na gestão das águas subterrâneas. São exemplos disso, a gestão integrada com as águas superficiais, com o meio ambiente, as políticas de saneamento básico, com a gestão do uso e ocupação do solo, do espaço subsuperficial, mudanças climáticas e energia elétrica.

Estima-se que as águas subterrâneas sejam responsáveis por 36% de todo o volume utilizado na irrigação (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016), principalmente impulsionados em regiões áridas e semiáridas devido ao avanço das tecnologias de campo (LLAMAS; MARTINEZ-SANTOS, 2005). Shah et al. (2008) afirmam que a captação de águas subterrâneas para irrigação em Gujarat, na Índia, aumentou 585% entre 1971 e 2001. Os autores relatam as mudanças sofridas no meio rural após as alterações na política de energia elétrica. O governo passou a controlar o volume captado de águas subterrâneas a partir da energia elétrica na região, premiando usuários que investiam na recarga dos aquíferos e punido aqueles com um consumo abusivo a partir das tarifas de energia (SHAH et al., 2008). Han et al. (2016) correlacionando a poluição das águas subterrâneas e os locais de construção e operação de aterros sanitários na China, concluíram que foram detectados 96 tipos de poluentes nas águas subterrâneas próximas a aterros, sendo 22 mais nocivos. Já Kebede et al. (2017) chamam a atenção para a importância em entender e caracterizar a interação entre as águas superficiais e subterrâneas. Os autores citam os problemas encontrados na bacia do rio Nilo por causa da falta de uma gestão integrada como, o aumento da salinidade das águas dos aquíferos e alteração na biota após a construção de barragens na bacia.

O Plano Estadual (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO

ESTADO DO PIAUÍ, 2010) estabelece alguns programas nesse sentido, como o incentivo a coleta seletiva para mitigar os pontos de poluição, o controle da água na irrigação e do uso de agrotóxicos, além de incentivar acordos e convênios com outras instituições a fim de fortalecer a Política Estadual, contudo desde a sua produção foram implementados poucos projetos como o tamponamentos dos poços jorrantes e estudos para construção de adutoras. Não houve ações efetivas de modo a propiciar a integração entre outras políticas. No saneamento básico, por exemplo, grande parte do estado é abastecido por águas subterrâneas – 78,92% (BRASIL, 2016) -, contudo a situação do esgotamento sanitário é precária, a rede não chega a 20%. A capital Teresina detém o maior percentual, com 21,17% de atendimento (BRASIL, 2016). Cidades como Bom Jesus, Demerval Lobão e Luís Correia têm de 60 a 90% de sua rede de esgoto composta por soluções individuais (fossa séptica e sumidouro), que caso não sejam construídos adequadamente podem contaminar as águas subterrâneas, como já acontece em alguns locais em Teresina (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ, 2007).

O último ponto destacado é quanto às diferentes demandas pelo uso da água. De maneira geral, a maioria dos pedidos para outorga são para consumo humano (uso doméstico), porém a depender da região é possível que outros usos se destaquem, como se pode ver pelas figuras 03 a 06. Segundo o levantamento feito entre os anos de 2016 e 2017 relacionado ao volume outorgado, nota-se que para a macrorregião Cerrados há uma forte demanda para irrigação, enquanto para no Meio Norte há uma maior diversidade de uso e para Teresina, o uso industrial se destaca. Nesse levantamento, o Litoral apresentou uma demanda diferente das demais macrorregiões, classificada como outros. Além disso, como os lençóis freáticos estão a pouca profundidade do solo, a região é mais vulnerável a poluição e a intrusão salina (PFALTZGRAFF; BRANDÃO; TORRES, 2010). É preciso que o órgão gestor esteja atento às demandas de cada região quando da gestão de recursos hídricos para que possa estabelecer ações compatíveis e adequadas a cada região.



#### 4. CONCLUSÕES

No presente artigo, mostrou-se como a análise SWOT pode ser usada para a gestão de recursos hídricos, a fim de compor um diagnóstico da situação atual dessa. A construção de uma Matriz SWOT é interessante porque oferece subsídios para a elaboração de um planejamento estratégico a fim de fortalecer a gestão, uma vez que mostra os principais pontos fortes e fracos da gestão. Além disso, é um método simples e versátil que pode ser usado nas mais diversas áreas de conhecimento. A sua construção é baseada em quatro cenários a partir da análise dos ambientes interno e externo. O primeiro refere-se à fatores cujo sucesso ou fracasso dependem da atuação da empresa, já o segundo, a fatores não controláveis pela empresa, mas com capacidade para influenciá-la de modo positivo ou negativo. Assim, utilizou-se a ferramenta para produzir um diagnóstico da situação atual da gestão de águas subterrâneas no estado do Piauí.

No cenário forças elencou-se os seguintes fatores: (i) Política Estadual de Recursos Hídricos, em que é destacado o capítulo destinado às águas subterrâneas, o seu caráter público e a separação entre o direito de uso e ocupação do solo; (ii) Plano Estadual de Recursos Hídricos, destacando o diagnóstico e prognóstico sobre as águas subterrâneas e os aquíferos presentes no estado, embora tenha se ponderado quanto a idade das informações e a necessidade de atualização do Plano; e (iii) a adoção do CNARH, como forma de ter um sistema informatizado para melhor controle dos usos e volumes captados.

Para o cenário fraquezas, os pontos destacados foram: (i) fraca atuação do SEGERH, (ii) concentração de forças na aplicação da outorga, (iii) grande número de usuários irregulares, (iv) ausência de uma rede de monitoramento, e (v) ausência de um sistema de informações. O SEGERH é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, comitês de bacias e a SEMAR, contudo há falhas na sua atuação. Nos dois primeiros é notado a pouca participação dos membros, enquanto a SEMAR sofre com um acúmulo de funções, mas sem um corpo técnico suficiente para isso. O organograma do órgão gestor acaba privilegiando a outorga de direito de uso, contudo

sem uma rede de monitoramento e um grande número usuários irregulares a análise dos pedidos de outorga é simplista e se concentra basicamente na produção do poço. Ainda se frisa a falta de um sistema de informação capaz de armazenar, processar e divulgar os dados sobre águas subterrâneas de forma clara e objetiva a população incentivando a sua participação na gestão.

Em oportunidades, foram listados (i) grande disponibilidade; (ii) CGEO; (iii) Programas de pagamentos por resultados; e (iv) Empréstimo com o Banco Mundial. Com uma população de pouco mais de 3,0 milhões de habitantes e aquíferos de extensão regional, o subterrâneo piauiense tem uma disponibilidade per capita de 1.242,52 m<sup>3</sup>/hab/ano, contudo o número de usuários irregulares e a falta de controle no uso tem gerado situações adversas como o rebaixamento acentuado nos aquíferos Cabeças e Serra Grande e a redução da vida útil no sistema aquífero Poti/Piauí. o Centro de Geoprocessamento e o ZEE propiciam um incremento quando da análise dos pedidos de outorga, e podem facilitar a fiscalização, o monitoramento e até mesmo a elaboração de planos para as águas subterrâneas considerando cada uma das particularidades das regiões do estado. Os Programas de pagamento por resultados, sob coordenação da ANA, e o empréstimo com o Banco Mundial conferem ao órgão recursos financeiros para realizar as atividades da gestão. Além disso, o ProComitê pode ajudar no fortalecimento da gestão participativa, uma vez que foca na atuação dos comitês de bacias.

O último cenário são as ameaças. Nele foram elencados: (i) pulverização de competências; (ii) fraca integração com outras políticas; (iii) diferentes demandas das regiões do estado. Com a fraca atuação do órgão gestor, existem várias outras instituições no estado que acabaram por realizar suas funções, o que acaba contribuindo para o enfraquecimento da gestão de recursos hídricos. Nota-se também pouca integração com as demais políticas aplicadas no estado. Como se mencionou, identificar e estabelecer os links entre a gestão de águas subterrâneas e outros componentes poderia ser benéfico a primeira e possibilitar novas formas de controle de uso e proteção das águas subterrâneas. As diferentes demandas do



estado relacionam-se principalmente com a outorga e a elaborar diretrizes e estratégias adequadas para cada região.

Assim, com a elaboração da Matriz SWOT é possível perceber os principais fatores que podem influenciar na gestão, conseqüentemente, pensar em ações a fim de aumentar ou diminuir essa influência na medida em que a interação se dá de maneira positiva ou negativa.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí (SEMAR) pelas informações prestadas, à Agência Nacional de Águas (ANA), à CAPES e à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pela promoção do mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua).

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Outorga de direito de uso de recursos hídricos. *Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos*, Brasília, v. 6, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Pacto nacional pela gestão das águas – construindo uma visão nacional*. Brasília: ANA, 2013. Volume I: Aspectos Conceituais. Disponível em: <[http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/o-programa/antecedentes/documentos-base/documento-base-volume-i\\_aspectos-conceituais.pdf](http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/o-programa/antecedentes/documentos-base/documento-base-volume-i_aspectos-conceituais.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Resolução nº 1.595, de 19 de dezembro de 2016*. Aprova o detalhamento do Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas – PROCOMITÊS e dá outras providências. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2016/1595-2016.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil, Brasília (DF): Senado, 5 out 1988*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm)>. Acesso em: 15 fev. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. *Diário [da] República Federativa do Brasil*, Brasília (DF), 9 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9433.htm)>. Acessado em: 09 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 10.881, de 9 de junho de 2004. Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências. *Diário [da] República Federativa do Brasil*, Brasília – DF, 11 de jun. de 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.881.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.881.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES; SECRETARIA DE NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL – SNSA. *Sistema nacional de informações sobre saneamento*. (Série Histórica). Brasília, 2016. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BRAUN, R.; AMORIN, A.. Rapid 'SWOT' Diagnosis Method for Conservation Areas. *Scottish Geographical Journal*, v. 131, n. 1, p. 17-35, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/14702541.2014.937910>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

FEITOSA, F. A. C. et al. O Vale do Gurgueia: uma zona estratégica de produção de água subterrânea. In: *XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVIII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS*, 17., 2012, Anais... Bonito. Bonito, 2012.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *Global framework for action to achieve the vision on groundwater governance*. Rome: FAO, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5705e.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

- HAGER, F. P. V. et al. A problemática da gestão das águas subterrâneas no Brasil. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2002. p. 17.
- HAN, Z. et al. A review of groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in China. *Science of Total Environment*, Riverside, v. 569-570, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.201>>. Acesso em: 22 nov. 2017.
- HOFRITCHER, M. *Análise SWOT, quando usar e como fazer*. Porto Alegre: Resolução eBook, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *IBGE cidades*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/panorama>>. Acesso em: 26 fev. 2018.
- JACOBI, P. R. Participação na gestão ambiental no Brasil: os comitês de bacias hidrográficas e os desafios do fortalecimento dos espaços públicos colegiados. In: *ALIMONDA, H. Los tormentos de la materia: aportes para una ecología política latino-americana*. Buenos Aires: CLACSO, 2006.
- KALLIORAS, A. et al. SWOT analysis in groundwater resources management of coastal aquifers: a case study from Greece. *Water International*, v. 35, n. 4, p. 425-441, 2010. Disponível em: <[dx.doi.org/10.1080/02508060.2010.508929](https://doi.org/10.1080/02508060.2010.508929)>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- KEBEDE, S. et al. Interaction of surface water and groundwater in the Nile river basin: isotopic piezometric evidence. *Hydrogeology Journal*, v. 25, n. 3, p. 707-726, maio 2017.
- LLAMAS, M. R.; MARTÍNEZ-SANTOS, P. Intensive groundwater use: silent revolution and potential source of social conflicts. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 131, p. 337-342, set./out. 2005.
- MECHLEM, K. Thematic paper 6: legal and institutional frameworks. In: GROUNDWATER GOVERNANCE: A GLOBAL FRAMEWORK FOR COUNTRY ACTION, 2012, Roma. *Proceedings...* Roma, 2012.
- MEGDAL, S. B. et al. Innovative approaches to collaborative groundwater governance in the United States: case studies from three high-growth regions in the sun belt. *Environmental Management*, n. 59, maio 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28180925>> Acesso em: 14 out. 2017.
- NAGARA, G. et al. Comparative SWOT Analysis for Water Solutions in Asia and Africa. *Water Resource Management*, v. 29, p. 125-138, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-014-0831-8>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- NERES, A. O. et al. Utilização de sistemas de informação geográfica na caracterização hidrogeoquímica de aquíferos costeiros – estudo de caso: distrito de Tamoios, Cabo Frio (RJ). In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba, *Anais...* Curitiba: INPE, 2011. p. 3764. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.19.13.51/doc/p1328.pdf?metadatasrepository=&mirror=urllib.net/www/2011/03.29.20.55>>. Acesso em: 17 jul. 2017.
- OLIVEIRA, C. P. Fontes legais, seguras e de abastecimento. São Paulo: *Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS*, 2012. (Caderno Técnico, n. 5, Águas Subterrâneas).
- PEREIRA, J. R. et al. Gestão social dos territórios da cidadania: o zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão do território noroeste de Minas Gerais. *Cadernos EBAPE.BR*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 724-747, set. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-39512011000300004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512011000300004&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- PERNAMBUCO. Decreto nº 20.423, de 26 de março de 1998. Regulamenta a lei 11.427 de 17 de janeiro de 1997 e dá outras providências. *Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco*, 27 de mar. de 1998. Disponível em: <[http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=3&subpage\\_id=7](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=3&subpage_id=7)>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- PFALTZGRAFF, P. A. S.; BRANDÃO, R. L.; TORRES, F. S. M. Geodiversidade: adequabilidade / potencialidades e limitações frente ao uso e ocupação. In: PFALTZGRAFF, P. A. S. *Geodiversidade do estado do Piauí*. Recife: CPRM, 2010.

PIAUÍ. Lei n 6.995, 17 de março de 2017. Dispõe sobre a estruturação e organização dos programas e investimentos estratégicos. *Diário [do] do Estado do Piauí*, Teresina, PI, 04 abr. 2017.

PRAVEENA, S. M.; ARIS, A. Z. A review of groundwater in island using SWOT analysis. *Inderscience Online*, v. 6, n. 2-4, 2009. Disponível em: <<http://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/WRSTSD.2009.03184>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

RICHARDSON, S. et al. *Australian groundwater-dependent ecosystems toolbox part 1: assessment framework*. Canberra: National Water Commission, 2011.

ROVANI, F. F. M.; VIEIRA, M. Zoneamento ecológico-econômico de Silveira Martins-RS. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 37, p. 140-157, 2017.

SÃO PAULO. Decreto nº 32.955, de 07 de fevereiro de 1991. Regulamenta a lei nº 6.134, de 02 de junho de 1988. *Diário Oficial [do] Estado de São Paulo*, 08 de fev de 1991. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1991/decreto-32955-07.02.1991.html>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ – SEMAR. *Avaliação das condições de exploração dos aquíferos do município de Teresina, Estado do Piauí*. Teresina: SEMAR, 2007. (Relatório Final, v. 1).

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ – SEMAR. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. *Legislação de recursos hídricos do Estado do Piauí*. Teresina: SEMAR, 2015.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PIAUÍ – SEMAR. *Plano estadual de recursos hídricos*. Teresina: SEMAR, 2010. (Tomo II – Estudos Quantitativos de Águas Subterrâneas).

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Relatório anual 2008*. Brasília: CPRM, 2008.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. *Projeto rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Serra Grande, bacia sedimentar do Parnaíba*. Belo Horizonte: CPRM, 2012. Volume 4.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. *Síntese hidrogeológica do Estado do Piauí*. Recife: CPRM, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. *Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas*: SIAGAS. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

SHAH, T.; BHATT, S.; SHAH, R. K.; TALATI, J. Groundwater governance through electricity supply management: assessing an innovative intervention in Gujarat, western India. *Agricultural Water Management*, v. 95, n. 11, may 2008. Disponível: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.04.006>>. Acesso em: 18 out. 2017.

SINGH, A. Groundwater resources management through the applications of simulation modeling: a review. *Science of Total Environment*, v. 499, p. 414-442, nov. 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714007256?via%3Dihub>>. Acesso em: 06 jun. 2017.

SPERA, S. A. et al. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. *Global Change Biology*, v. 22, n. 10, p. 3405-3413, out. 2016. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.2016.22.issue-10/issuetoc>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. *Nova delimitação do semiárido*. Brasília: SUDENE, 2018. Disponível em: <[http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Munic%C3%ADpios\\_Semi%C3%A1rido.pdf](http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2018.

VASCONCELLOS, V. V.; HADAD, R. M.; MARTINS JUNIOR, P. P. Zoneamento ecológico-econômico – objetivos e estratégias de política ambiental. *Gaia Scientia*, v. 7, n. 1, p. 119-132, 2013.

VAZ, A. C. N.. Modelando a participação social: uma análise da propensão à inserção em instituições participativas, a partir de características socioeconômicas e políticas. *Revista Brasileira de Ciência Política*, Brasília, n. 10, p. 63-106, jan/abr. 2013.

VIDAL, C. L. R. *Disponibilidade e gerenciamento sustentável do Aquífero Serra Grande no Município de Picos – Piauí*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia. São Paulo, 2003.

**Pedro Benjamin Carreiro Lima Monteiro**

Universidade Federal  
de Pernambuco.

email: benjamin.monteiro@hotmail.com

Contribuição do autor:

Concepção do trabalho, redação do manuscrito,  
levantamento bibliográfico e compilação dos dados.

**Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral**

Universidade Federal  
de Pernambuco.

email: jcabral@ufpe.br

Contribuição do autor:

Orientador do mestrando; revisão do manuscrito,  
discussão dos dados coletados.