

Uso da Água e o Gás não Convencional no Brasil

Coordenadores:

Edmilson Moutinho dos Santos
Hirdan Katarina de Medeiros Costa

Autores:

Edmilson Moutinho dos Santos
Henrique Toby Gondim Ribeiro
Hirdan Katarina de Medeiros Costa
José Fernando de Freitas
Kelly Cristinne Leite Angelim
Mariana Fernandes Miranda
Matheus Rebelo Gomes Rodrigues
Paulo Negrals Carneiro Seabra
Renata Mendes Pelicer



Copyright © 2021 Edmilson Moutinho dos Santos, Hirdan Katarina de Medeiros
Costa e Thiago Luis Felipe Brito

Todos os direitos desta edição reservados à Synergia Editora

Editor Jorge Gama

Editora assistente Isabelle Assumpção

Capa Equipe Synergia

Diagramação Flávio Meneghesso

Revisão Hirdan Katarina de Medeiros Costa e Thiago Luis Felipe Brito

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

S237

Uso da Água e o Gás não Convencional no Brasil / organiza
do por Edmilson Moutinho dos Santos, Hirdan Katarina de Medeiros
Costa e Thiago Luis Felipe Brito. - 1. ed. - Rio de Janeiro : Synergia, 2021
84 p. ; 16cm x 23cm.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-86214-65-9

1. Economia. 2. Gás Natural - Brasil. 3. Gás Natural -
Legislação - Brasil. I. Santos, Edmilson Moutinho dos. II. Costa, Hirdan
Katarina de Medeiros. III. Brito, Thiago Luis Felipe.

CDD 333.7932

CDU 620.91



Livros técnicos, científicos e profissionais

Tel.: (21) 3259-9374 | 📞 (21) 97933-6580

www.synergiaeditora.com.br / comercial@synergiaeditora.com.br

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP (através do Projeto Gasbras número 01.14.0215.00) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – (Chamada Pública Encomenda Convênio FINEP n.01.14.0215.00SEI–01300.007195/2020-59).

Agradecemos igualmente o apoio do *Research Centre for Greenhouse Gas Innovation* - RCGI, localizado na Universidade de São Paulo (USP) e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP (Processo 2020/15230-5) e Shell Brasil, e a importância estratégica do apoio dado pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) através do incentivo regulatório associado ao investimento de recursos oriundos das Cláusulas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

Agradecemos o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas na Cláusula de P,D&I da Resolução ANP nº 50/2015 (PRH 33.1 - Referente ao EDITAL Nº1/2018/PRH-ANP; Convênio FINEP/FUSP/USP Ref. 0443/19).

AUTORES

Edmilson Moutinho dos Santos

Henrique Toby Gondim Ribeiro

Hirdan Katarina de Medeiros Costa

José Fernando de Freitas

Kelly Cristinne Leite Angelim

Mariana Fernandes Miranda

Matheus Rebelo Gomes Rodrigues

Paulo Negrais Carneiro Seabra

Renata Mendes Pelicer

APRESENTAÇÃO

A exploração de recursos não convencionais utilizando da técnica do fraturamento hidráulico foi determinante para o significativo aumento da produção de hidrocarbonetos na Argentina e Estados Unidos, com a consequente redução de sua dependência energética externa. Contudo, a produção não convencional continua sendo um tema muito debatido, em função da percepção, por uma parte da sociedade civil, de que os riscos oferecidos por esta atividade ultrapassam seus benefícios. Este trabalho visa analisar o impacto do fraturamento no meio ambiente, em especial com relação aos recursos hídricos. De forma a melhor alcançar este objetivo, e ao mesmo tempo estabelecer uma fonte compreensiva para consultas futuras que, certamente, irão auxiliar no aprimoramento do conhecimento acerca desta atividade, este trabalho se dedica a descrever e avaliar os seguintes aspectos: fundamentos técnicos das operações de fraturamento hidráulico; levantamento das áreas ambientalmente sensíveis nos estados do Paraná e de São Paulo, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação; descrição de bacias hidrográficas, águas subterrâneas e relações oferta e demanda hídrica para os estados de interesse; regulações aplicáveis para a gestão de hídrica, à nível estadual e federal; experiência internacional de gerenciamento hídrico. Pode-se concluir que o impacto das atividades de “*fracking*” nos recursos hídricos é quantitativamente reduzido em geral e qualitativamente bem conhecido, sendo possível o estabelecimento de regras claras, objetivas e de fácil seguimento pelas autoridades para assegurar seu desenvolvimento em regiões adequadas, limitando a ocorrência e alcance de eventuais eventos negativos até limites compatíveis com os benefícios gerados pela atividade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação de um poço pronto para ser fraturado.	2
Figura 2	Fratura aberta durante bombeio do fluido de fraturamento mais agente de sustentação.	3
Figura 3	Fratura preenchida pelo agente de sustentação após término da operação.	3
Figura 4	Convencional x não-convencional.	5
Figura 5	Estado do Paraná e suas terras indígenas demarcadas em laranja.	18
Figura 6	Mapa das unidades de conservação e das áreas verdes do estado de São Paulo.	20
Figura 7	Bacias Hidrográficas do Paraná e Suas Unidades Hidrográficas para Gerenciamentos dos Recursos Hídricos.	24
Figura 8	Demanda hídrica por uso para todo o estado do Paraná.	27
Figura 9	Demanda hídrica por uso para cada uma das bacias paranaenses.	27
Figura 10	Estado do Paraná com destaque para as múltiplas unidades aquíferas subterrâneas.	28
Figura 11	Aquíferos do Estado de São Paulo.	37
Figura 12	Poços Cadastrados no SIDAS.	38

Figura 13	bacias de gás de folhelho nos EUA, com números de poços e de plataformas (GOODMAN, 2018)	49
Figura 14	Bacias sedimentares argentinas produtoras de petróleo e gás natural	60
Figura 15	Mapa da Formação de Vaca Muerta	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Típicos usos da água	6
Tabela 2	Classificação da água de acordo com a qualidade	6
Tabela 3	Estimativa de volumes, qualidade e retorno de acordo com a etapa do projeto	7
Tabela 4	Dados Consolidados das áreas de proteção integral e uso sustentável no estado do Paraná.....	16
Tabela 5	Listagem com as divisões das UCs em Âmbito Estadual no estado do Paraná e seu respectivo domínio	18
Tabela 6	Dados Consolidados das áreas de proteção integral e uso sustentável no estado de São Paulo.....	20
Tabela 7	Balanço entre disponibilidade e demanda por bacia hidrográfica	26
Tabela 8	Lista de unidades aquíferas subterrâneas no estado do Paraná com a sua quantidade de poços tabulares profundos perfurados assim como as medianas de suas profundidades em metros.....	29
Tabela 9	Valores máximos, mínimos e os percentis referentes a profundidade dos poços analisados em cada uma das unidades aquíferas subterrâneas no estado do Paraná.....	30

Tabela 10	Bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.....	31
Tabela 11	Vazões de água (m ³ /s) outorgada no estado por bacias hidrográficas do estado de São Paulo.....	34
Tabela 12	Balanço hídrico das bacias do estado de São Paulo. Os valores destacados em vermelho representam bacias com possível estresse hídrico.....	35
Tabela 13	Quantidade de poços utilizados na elaboração do Mapa.....	38
Tabela 14	Principais estados produtores de gás de folhelho nos Estados Unidos em 2019	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO	2
3	RISCOS E IMPACTOS EM RELAÇÃO À ÁGUA NOS CASOS DE GÁS NÃO CONVENCIONAL	7
4	MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE, UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (PROTEÇÃO INTEGRAL E USO SUSTENTÁVEL), E OUTRAS ÁREAS AMBIENTALMENTE SENSÍVEIS	9
4.1	Conceitos básicos acerca do sistema nacional de unidades de conservação (snuc)	9
4.2	Unidades de conservação do estado do Paraná.....	15
4.2.1	Unidades de conservação segundo o sistema SNUC	15
4.2.2	Particularidades estaduais quanto ao sistema SNUC e outras áreas ambientalmente sensíveis	16
4.3	Unidades de conservação do estado de São Paulo	19
4.3.1	Unidades de conservação segundo o sistema SNUC	19
4.3.2	Particularidades estaduais quanto ao sistema SNUC e outras áreas ambientalmente sensíveis	21
5	MAPEAMENTO DE “ÁGUAS” (SUPERFICIAIS E SUBSUPERFICIAIS)	23
5.1	Estado do Paraná	23
5.1.1	Lista das bacias e unidades hidrográficas paranaenses...	23

5.1.2	Caracterização do uso da água no estado do Paraná	25
5.1.3	Listagem de unidades aquíferas subterrâneas	28
5.2	Estado de São Paulo	31
5.2.1	Lista das bacias e unidades hidrográficas paulistas.....	31
5.2.2	Caracterização do uso da água no estado de São Paulo.	33
5.2.2.1	Listagem de usos da água superficial.....	33
5.2.2.2	Áreas com estresse hídrico	35
5.2.3	Listagem de unidades aquíferas subterrâneas	36
6	REGULACAO FEDERAL E ESTADUAL SOBRE ÁGUAS	39
6.1	Legislação federal de recursos hídricos	39
6.2	Legislação do estado de São Paulo de recursos hídricos	44
6.3	Legislação do estado do Paraná de recursos hídricos.....	46
6.4	Procedimentos em tese aplicáveis para poço piloto	46
6.5	Da regulamentação da ANP sobre uso de água	47
6.6	Ponderações legais de uso de águas no fraturamento	48
7	GERENCIAMENTO DE ÁGUAS EM PAÍSES QUE PRODUZEM A PARTIR DE RESERVATÓRIOS NÃO CONVENCIONAIS	48
7.1	Estados Unidos.....	49
7.2	Argentina	59
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERENCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

A exploração de recursos não convencionais utilizando da técnica do fraturamento hidráulico (*fracking*, em inglês) foi determinante para o significativo aumento da produção de hidrocarbonetos na Argentina e Estados Unidos com a conseqüente redução de sua dependência energética externa. Não obstante, o “*fracking*” continua sendo um tema ainda muito debatido, em função da percepção por uma parte da sociedade civil, que os riscos oferecidos por esta atividade ultrapassam seus benefícios. É neste cenário que a Rede GASBRAS, por meio do grupo de pesquisa do Instituto de Energia e Meio Ambiente da Universidade de São Paulo, dedicou-se a melhor analisar o impacto do fraturamento ao meio ambiente, em especial com relação aos recursos hídricos.

De forma a melhor alcançar este objetivo, e ao mesmo tempo estabelecer uma fonte compreensiva para consultas futuras que, certamente, irão auxiliar no aprimoramento do conhecimento acerca desta atividade, este trabalho se dedica a descrever e avaliar os seguintes aspectos considerados mais importantes:

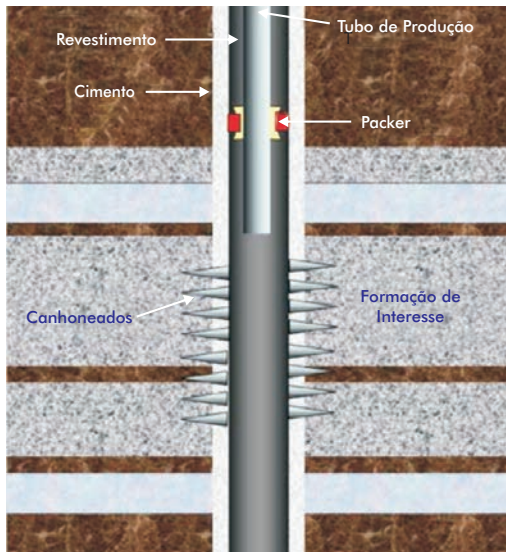
- Fundamentos técnicos das operações de fraturamento hidráulico;
- Áreas ambientalmente sensíveis segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC);
- Descrição de bacias hidrográficas, águas subterrâneas e relações oferta e demanda hídrica para os estados de interesse;
- Regulação aplicável, à nível estadual e federal, para a gestão de hídrica;
- Experiência internacional de gerenciamento hídrico.

2 DETALHAMENTO DA ATIVIDADE DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO

O fraturamento hidráulico é uma técnica de estimulação de poços de óleo e gás, já utilizada no mundo há mais de 60 anos. Esta técnica consiste, basicamente, na injeção de uma mistura de água, aditivos químicos e um agente de sustentação (areia, cerâmica ou bauxita), desde a superfície até a formação de interesse, através do poço. Devido às altas pressões atingidas durante a injeção, uma fratura é induzida na rocha e preenchida com o agente de sustentação. Após alívio da pressão, a fratura se fecha em torno do agente de sustentação, expulsando de volta a maior parte do fluido em direção à superfície e, conseqüentemente, mantendo um canal preferencial de alta condutividade, por onde o óleo ou gás passará a fluir.

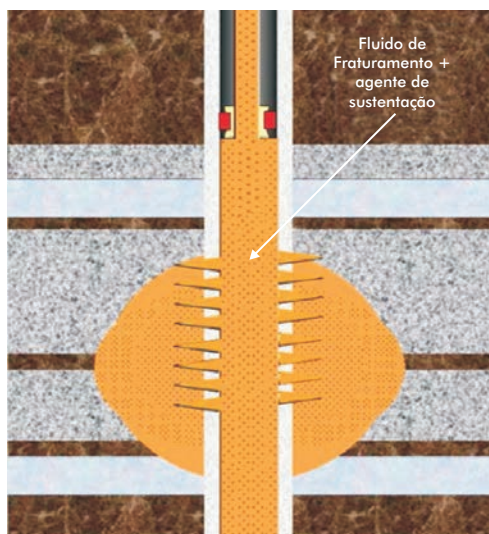
As Figuras 1 a 3 exemplificam a sequência de uma operação de fraturamento hidráulico em sua configuração mais simples: poço vertical, com revestimento cimentado e canhoneado à profundidade de uma única zona de interesse.

Figura 1 Representação de um poço pronto para ser fraturado.



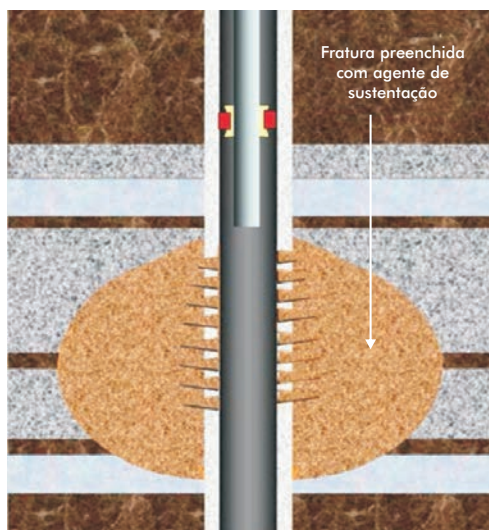
Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 Fratura aberta durante bombeio do fluido de fraturamento mais agente de sustentação.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 Fratura preenchida pelo agente de sustentação após término da operação.



Fonte: Elaboração própria.

Conforme os recursos fósseis foram ficando mais escassos ao redor do planeta, novas tecnologias surgiram ao longo do tempo, com o intuito de se extrair estes recursos a profundidades antes inalcançáveis, tanto *onshore* quanto *offshore*. Nosso exemplo mais clássico é a chamada Camada Pré-sal, que há pouquíssimo tempo não havia nem sido descoberta e hoje já é responsável por 73,1% da produção brasileira de óleo e gás, em março de 2021 (ANP, 2021). Hoje somos pioneiros e líderes mundiais na tecnologia de extração em águas ultra profundas graças à descoberta das enormes acumulações nos reservatórios carbonáticos do Pré-sal brasileiro. Por sinal, a permeabilidade destes carbonatos é tão baixa, que estas formações também precisam ser estimuladas, porém através da técnica de acidificação, já que estas formações carbonáticas são solúveis ao ácido clorídrico. Do contrário, os hidrocarbonetos simplesmente não iriam fluir em direção à superfície.

No caso dos reservatórios chamados de não-convencionais, acontece algo bem semelhante. A formação de interesse passa a ser a rocha geradora, normalmente um folhelho (*shale*, em inglês), que se encontra a profundidades bem maiores em comparação com os reservatórios convencionais, mas também é detentora de acumulações de hidrocarbonetos muito mais robustas. A Figura 4 ilustra a comparação entre os dois tipos de reservatórios: convencionais e não-convencionais.

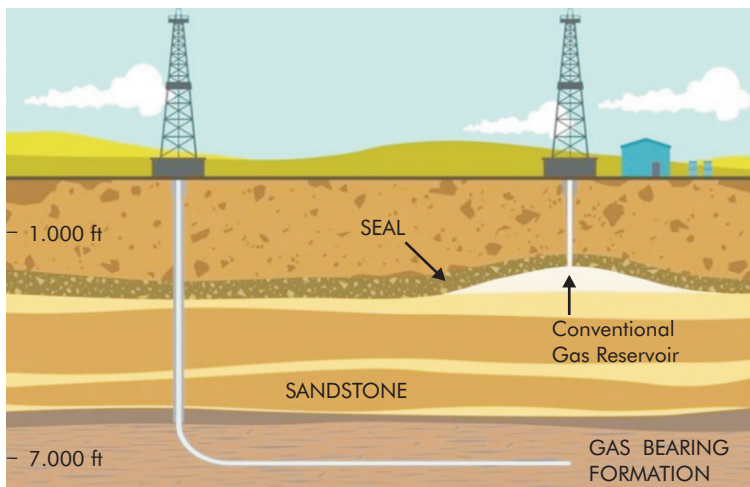
Além disso, este tipo de formação possui permeabilidades baixíssimas, da ordem de micro Darcies (μD). Inclusive, este é um dos critérios para que o reservatório seja classificado como não-convencional. Devido à baixa permeabilidade, este tipo de reservatório só se torna produtivo caso seja estimulado através da técnica de fraturamento hidráulico.

Normalmente o folhelho, devido às altas pressões e dureza da rocha, também possui fraturas naturais, porém estas não estão conectadas entre si para que o hidrocarboneto flua. O resultado do fraturamento hidráulico é a interconexão destas fraturas naturais com consequente criação de um caminho para que o óleo ou gás seja extraído até a superfície.

Quanto mais profunda a zona de interesse, obviamente mais custoso se tornará a construção do poço. Por se encontrarem a grandes profundidades, novas técnicas, que trouxessem mais eficiência ao desenvolvimento dos campos não-convencionais nos Estados Unidos, tiveram que ser desenvolvidas. Com isso, a perfuração horizontal, combinada ao fraturamento hidráulico e outras inovações tecnológicas de canhoneio e completação,

resultaram no *plug & perf*, que consiste em realizar uma sequência de vários fraturamentos ao longo de um poço horizontal que pode chegar a mais de 2.000 m de extensão. Depois, com o intuito de aumentar ainda mais a eficiência, dois poços passaram a ser completados ao mesmo tempo: enquanto um está sendo fraturado, o outro está sendo canhoneado e vice-versa até que toda a seção horizontal dos poços tenha sido estimulada.

Figura 4 Convencional x não-convencional.



Fonte: <https://www.slideshare.net/weboreit/differencebetween-horizontal-directional-drilling>.

Todas estas inovações fazem com que uma área grande do campo seja explorada com menos recursos, aumentando muito a eficiência e, conseqüentemente a viabilidade econômica. Porém, a demanda por recursos hídricos a serem utilizados na exploração destes reservatórios não-convencionais também é grande e pode, inclusive, inviabilizar o desenvolvimento dos projetos caso o gerenciamento da água não seja bem-feito.

Apesar de o uso da água na indústria de óleo e gás ser consideravelmente menor do que em setores como agricultura, energia elétrica e outros, o gerenciamento da água é um componente chave nas operações de óleo e gás. O setor pode, sim, utilizar água doce significativamente, não só em escala local, mas também regional. As operações também podem envolver o manuseio e o gerenciamento, em larga escala, de água produzida e água

a ser descartada. Portanto, o uso eficiente dos recursos hídricos é parte fundamental dos processos na indústria de óleo e gás como um todo, mas, principalmente, no desenvolvimento dos recursos não-convencionais. As Tabelas 1 e 2 relacionam os típicos usos da água e suas classificações de acordo com a qualidade, enquanto a Tabela 3 estima os volumes utilizados em cada etapa do projeto.

Tabela 1 Típicos usos da água

Água de Uso	
Fornecimento Humano	- Para beber, higiene pessoal e preparação de comida - Lavanderia, banho, descarga e limpeza geral
Construção e Comissionamento	- Concreto, controle de poeira e capeamento de rodovias - Teste hidrostático em dutos
Perfuração e Completação	- Lama de perfuração, cimentação, salmoura de completação - Fluido de fraturamento
Água de Retorno	
Efluentes	- águas negras: esgoto - águas cinzas: pia, chuveiro, lavanderia e cozinha - efluente industrial e drenagem
Água produzida	- água oriunda do reservatório
Água de flowback	- fluido produzido após o fraturamento hidráulico

Fonte: IPIECA (2013).

Tabela 2 Classificação da água de acordo com a qualidade

Classificação	Qualidade, TDS (mg/L)
Água doce	<2.000
Levemente salobra	<4.000
Salobra	<15.000
Salina	>15.000
Salmoura	>40.000

Fonte: IPIECA (2013).

Tabela 3 Estimativa de volumes, qualidade e retorno de acordo com a etapa do projeto

Setor	Uso da Água	Faixa de Volume	Qualidade, TDS (mg/L)	Água de Retorno	Alterações na demanda ao longo do tempo
Uso de água comum à indústria de óleo e gás em geral.	Pessoal	0,18 – 0,35 m ³ / pessoa/ dia	<600	Águas Cinzas Águas Negras	A demanda deve ser alta durante as fases de comissionamento, perfuração e completação. Mas depois tende a se estabilizar em valores bem mais baixos durante a produção
	Construção e Comissionamento	0,45 – 0,55 m ³ / m ³ de concreto 1.000 – 3.000 m ³ / dia	<2.000 – >15.000	Água de lavagem do concreto Testes hidrostáticos	Os volumes para o concreto vão depender do tamanho das construções. Para os testes hidrostáticos, será de acordo com diâmetro e comprimento dos dutos. A demanda é maior durante a construção da planta.
	Exploração e Perfuração	200 – 4.000 m ³ / poço	<4.000	Recirculação de lama de perfuração e salmoura de completação	Os volumes serão dependentes da profundidade do poço e do programa de perfuração.
	Operações e processamento	100 – 500 m ³ /dia	<2.000 – >15.000	Água de combate a incêndio Água de drenagem Água condensada Água de desidratação	Os volumes variam de acordo com os equipamentos utilizados e com o tamanho da planta, mas geralmente permanecem constantes durante o funcionamento da planta.
Gás não convencional	Fraturamento Hidráulico e Produção	3.800 – 60.000 m ³ /poço	<2.000 – 30.000	Água de flowback Água produzida	Os volumes vão depender do programa de fraturamento e da extensão do poço e tendem a se estabilizar do início da fase de produção em diante.

Fonte: IPIECA (2013).

3 RISCOS E IMPACTOS EM RELAÇÃO À ÁGUA NOS CASOS DE GÁS NÃO CONVENCIONAL

A necessidade de fraturamento hidráulico em exploração não convencional requer grandes volumes de água. Há estudos que indicam a necessidade de 10 a 17 milhões de litros de água para a perfuração e o fraturamento hidráulico de um poço (IEA, 2011; US EPA, 2011). Como há mistura dessa

água com propantes e substâncias químicas, fica reduzida a quantidade que pode ser recuperada (NETL, 2014). Apesar da baixa quantidade de fluido de fraturamento lançado no poço, esse fluido chega a conter 750 produtos químicos e outros componentes. Alguns deles não trazem riscos de danos, como sal e ácido cítrico, mas outros são tóxicos, incluindo benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) (NETL, 2014).

O descarte inadequado dessa água após o retorno à superfície pode causar contaminação no ambiente. Ainda, quanto à quantidade de água, note-se que os volumes utilizados são altos, mas relativamente pequenos se comparados com aqueles necessários para a produção de outros energéticos. Considerando os valores de um poço típico de gás de folhelho nos EUA (de Barnett), a quantidade de água utilizada para produzir o gás representa 0,05% da água necessária para produzir a mesma energia equivalente de etanol (ARAÚJO *et al.*, 2018).¹

Há incerteza científica quanto ao risco de contaminação dos lençóis freáticos causado pelas operações de fraturamento hidráulico. Especialistas acreditam que é pouco provável que a mistura de água possa contaminar os aquíferos diretamente através do processo de perfuração se esta for executada de acordo com os padrões de qualidade exigidos, pois os lençóis freáticos estão localizados a cerca de 300 m de profundidade, enquanto o fraturamento ocorre, em geral, a uma profundidade de 1.800 m a 3.000 m (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2011; IEA, 2011).

¹ Segundo Araújo *et al.* (2018). “Um típico poço de gás de folhelho da Barnett produz aproximadamente 2,65 bilhões de pés cúbicos de gás (75 milhões m³) ao longo de sua vida útil, a quantidade de água usada para produzir este gás é de aproximadamente 5,6 litros para cada milhão de Unidades Térmicas Britânicas (mmBtu). Isto representa menos de 20% do volume de água necessária para produzir 1mmBtu de carvão já pronto para queimar numa central termelétrica, ou ainda, 0,05% da água necessária para produzir a mesma energia equivalente de etanol”.

4 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE, UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (PROTEÇÃO INTEGRAL E USO SUSTENTÁVEL), E OUTRAS ÁREAS AMBIENTALMENTE SENSÍVEIS.

Para a exploração econômica de qualquer recurso mineral se faz necessário o melhor entendimento de como a atividade deverá impactar o meio no qual será realizada. Para isto, este tópico tem a finalidade de realizar um breve levantamento de áreas sensíveis ambientalmente tanto para o estado do Paraná quanto para o estado de São Paulo.

4.1 Conceitos básicos acerca do sistema nacional de unidades de conservação (SNUC)

Nesta seção do trabalho, serão levantados dados relativos a áreas ambientalmente sensíveis segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído através da Lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000). O SNUC tem como papel auxiliar na manutenção dos ecossistemas naturais brasileiros, seja em âmbito federal, estadual ou municipal, incentivando o desenvolvimento sustentável. Os órgãos responsáveis por gerir o SNUC são o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e órgãos responsáveis pela gestão de unidades de conservação estaduais e municipais, a critério do CONAMA.

Quanto às divisões das Unidades de Conservação (UCs) do sistema SNUC, há dois grandes grupos: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. Dentro dessas duas áreas, há suas subdivisões e as definições para cada uma tem como referência o Capítulo III, arts. 8º a 21 da Lei nº 9.985/2000.

- **Unidades de Proteção Integral**

Art. 7º § 1º: “O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei”.

- **Estação Ecológica (EE)**

Art. 9º: “A Estação Ecológica tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas”.

Além disso, as Estações Ecológicas são de posse e domínio público com visitação pública restrita, sendo liberado exceções para visitas com objetivo educacional, vide plano de manejo. Mesmo para visitas de cunho científico, é necessária aprovação prévia do órgão responsável pela administração da estação. Nas EEs só podem ser realizadas modificações no ecossistema conforme diretrizes do art. 9º § 4.

- **Reserva biológicas (REBIO)**

Art. 10: “A Reserva Biológica tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais”.

De modo análogo as EEs, as Reservas Biológicas são de posse e domínio público com visitação restrita, sendo liberadas exceções para visitar com objetivo educacional, vide plano de manejo. Mesmo para visitas de cunho científico, é necessária aprovação prévia do órgão responsável pela administração da estação.

- **Parque Nacional (PN)**

Art. 11: “O Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico”.

De forma análoga, são de domínio público, entretanto são mais flexíveis que os outros dois anteriores, sendo permitida a visitação pública, conforme plano de manejo. Pesquisas científicas também são permitidas conforme autorização prévia de órgão

responsável. Caso os parques estejam sobre alçada estadual são chamadas de Parques Estaduais (PE) e em alçada municipal, Parque Natural Municipal.

- **Monumento Natural (MN)**

Art. 12: “O Monumento Natural tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica”. Diferente dos anteriores, o MN pode ser tanto de domínio público quanto privado. Em caso de domínio privado se faz necessário compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários. Caso não haja acordo entre as partes para utilização da área, ela deve ser desapropriada, de acordo com o que dispõe a lei. A visitação pública da área também é permitida, conforme o plano de manejo.

- **Refúgio de Vida Silvestre (RVS)**

Art. 13: “O Refúgio de Vida Silvestre tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória”.

Os RVSS podem ser tanto de domínio público quanto privado. Em caso de domínio privado se faz necessário compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários. Caso não haja acordo entre as partes para utilização da área, ela deve ser desapropriada, de acordo com o que dispõe a lei. A visitação pública da área também é permitida, conforme o plano de manejo. Pesquisas científicas também são permitidas conforme autorização prévia de órgão responsável.

- **UNIDADES DE USO SUSTENTÁVEL**

- **Área de Proteção Ambiental (APA)**

Art. 15: “A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das

populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”.

As APAs podem ser tanto de domínio público quanto privado. Respeitando limites constitucionais, restrições e normas podem ser estabelecidas para a utilização de uma propriedade privada localizada dentro da APA. Pesquisas científicas também são permitidas conforme autorização prévia de órgão responsável e/ou proprietário da área.

- **Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)**

Art. 16: “A Área de Relevante Interesse Ecológico é uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza”.

As ARIEs podem ser tanto de domínio público quanto privado. Respeitando limites constitucionais, restrições e normas podem ser estabelecidas para a utilização de uma propriedade privada localizada dentro da ARIE.

- **Floresta Nacional**

Art. 17: “A Floresta Nacional é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas”.

As Florestas Nacionais são de posse e domínio público, sendo permitida a habitação de populações tradicionais que a habitavam à época de sua criação. Tem visitação pública permitida, vide plano de manejo. A pesquisa além de permitida é incentivada, sendo necessária a aprovação prévia dos órgãos responsáveis pela administração da unidade. Caso as florestas estejam sobre alçada estadual são chamadas de Florestas Estaduais (PE) e em alçada municipal, Florestas Municipais.

- **Reserva Extrativista (RESEX)**

Art. 18: “A Reserva Extrativista é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade”.

As Reservas Extrativistas são de domínio público, com uso concedido às populações extrativistas tradicionais. Tem visitação pública permitida, vide plano de manejo. A pesquisa além de permitida é incentivada, sendo necessária a aprovação prévia dos órgãos responsáveis pela administração da unidade. São proibidas a exploração de recursos minerais e a caça amadorística/profissional. A exploração comercial de recursos madeireiros só será admitida em bases sustentáveis e em situações especiais e complementares às demais atividades desenvolvidas na Reserva Extrativista.

- **Reserva de Fauna (REFAU)**

Art. 19: “A Reserva de Fauna é uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos”.

As Reservas de Fauna são de posse e domínio público. Tem visitação pública permitida, vide plano de manejo. É proibida a caça amadorística/profissional. A comercialização dos produtos e subprodutos resultantes das pesquisas obedecerá ao disposto nas leis sobre fauna e regulamentos.

- **Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)**

Art. 20: “A Reserva de Desenvolvimento Sustentável é uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um

papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica”.

Art. 20 § 1º: “A Reserva de Desenvolvimento Sustentável tem como objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações”.

As RDS são de domínio público e o uso das áreas ocupadas pelas populações tradicionais será regulado de acordo com o disposto no art. 23 da Lei nº 9.985/2000. É permitida e incentivada a visitação pública, conforme plano de manejo. É permitida e incentiva a pesquisa científica voltada à conservação da natureza, à melhor relação das populações residentes com seu meio e à educação ambiental, sujeitando-se à prévia autorização do órgão responsável. É admitida a exploração de componentes dos ecossistemas naturais em regime de manejo sustentável e a substituição da cobertura vegetal por espécies cultiváveis.

O Plano de Manejo da Reserva de Desenvolvimento Sustentável definirá as zonas de proteção integral e de uso sustentável, apontando um sistema “híbrido”.

■ **Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN)**

Art. 21: “A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica”.

As Reservas Particulares são de posse e domínio privado. Só poderá ser permitido na RPPN a pesquisa científica, visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais. Os órgãos integrantes do SNUC, sempre que possível e oportuno, prestarão orientação técnica e científica ao proprietário de Reserva Particular do Patrimônio Natural para a elaboração de um Plano de Manejo ou de Proteção e de Gestão da unidade.

4.2 Unidades de conservação do estado do Paraná

4.2.1 Unidades de conservação segundo o sistema SNUC

Como mencionado, as UCs podem ser de domínio federal, estadual e municipal. Neste tópico serão apresentados dados acerca das UCs levantadas para o estado do Paraná e suas particularidades.

Tomando os dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), os quais levam em consideração as unidades explicitadas unicamente no sistema SNUC, o estado do Paraná conta com 97 unidades de conservação (dados do 2º trimestre de 2021), dentre as quais são 35 de domínio federal (36,08%), 57 de domínio estadual (58,76%) e 5 de domínio municipal (5,15%) (MMA, 2021). Vale ressaltar que 3 dessas 97 UCs são compartilhadas com outros estados, sendo elas: Estação Ecológica de Mata Preta (Paraná e Santa Catarina), Parque Nacional de Ilha Grande (Paraná e Mato Grosso do Sul) e Área de

Proteção Ambiental Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo), todas sob administração Federal (MMA, 2021).

Outros dados importantes quanto a estas 97 UCs são: 72 não possuem plano de manejo (74,23%) e 25 o possuem (25,77%); 80 estão sob gestão pública (82,47%) e 17 sob gestão privada (17,53%) (MMA, 2021).

Na Tabela 4 há dados das quantidades das unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável segundo o SNUC com dados do MMA. Informações discretizadas quanto a cada uma das unidades de conservação que são amparadas pelo SNUC no estado do Paraná estão no Excel em anexo a este relatório. Dentre as informações disponíveis acerca das UCs se tem: esfera administrativa responsável, sua categoria no sistema SNUC; quais unidades federativas que abrangem; ato legal de criação, seu respectivo ano e outros atos legais associados; municípios abrangidos; presença de plano de manejo e conselho gestor; área da UCs e seus biomas.

Tabela 4 Dados Consolidados das áreas de proteção integral e uso sustentável no estado do Paraná

		Domínio Federal	Domínio Estadual	Domínio Municipal
Proteção Integral	Estação Ecológica	2	5	0
	Reservas Biológicas	3	2	0
	Parque	7	30	4
	Monumento Natural	0	1	0
	Refúgio da Vida Silvestre	1	1	0
Uso Sustentável	Area de Proteção Ambiental	2	9	1
	Area de Relevante Interesse Ecológico	0	4	0
	Floresta	3	5	0
	Reservas Extrativistas	0	0	0
	Reserva de Fauna	0	0	0
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	0	0	0
	Reserva de Patrimônio Natural	17	0	0
Total	35	57	5	

Fonte: Painel de Unidades de Conservação Brasileiras (MMA, 2021).

4.2.2 Particularidades estaduais quanto ao sistema SNUC e outras áreas ambientalmente sensíveis

Entretanto, por mais que o sistema SNUC tenha um papel essencial unificação da classificação de zonas ambientalmente relevantes, é importante mencionar que cada estado/município pode possuir algumas divergências e/ou especificidades em suas classificações. Para catalogar tais diferenças, em nossa área de interesse, que é o estado do Paraná, foi consultada a base de dados do Instituto Água e Terra (IAT) para maiores esclarecimentos. E quanto às particularidades das UCs no estado do Paraná, elas serão apresentadas nos parágrafos seguintes.

Pelo art. 14 da Lei nº 9985/2000, no SNUC, as Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN) são consideradas como unidades de uso sustentável. Todavia, mediante do Art. 1º do Decreto Paranaense Nº 1.529 de 2 de outubro de 2007 (PARANÁ, 2007), as RPPNs do estado são consideradas de proteção integral.

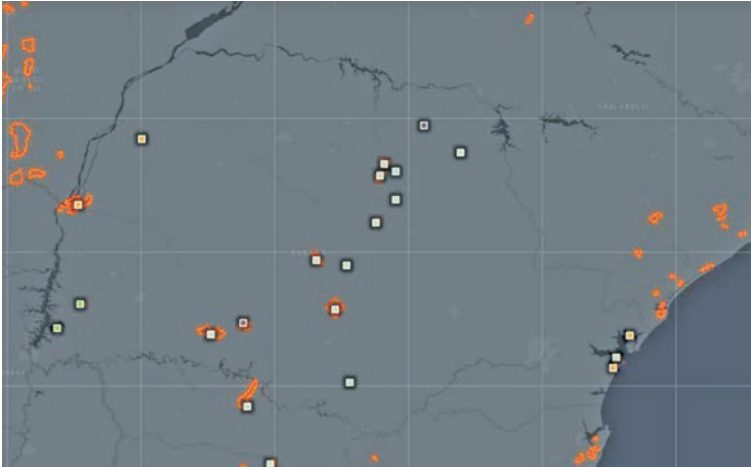
Outra divergência entre o sistema SNUC e a regulação do estado do Paraná são as APAs e as RESEXs. Quanto as APAs, elas são cadastradas no sistema de gerenciamento estadual apenas como de domínio público mesmo que no SNUC haja possibilidade ser tanto de domínio público quanto privado. Já as RESEXs pelo SNUC são de domínio público, no sistema do estado do Paraná, elas são cadastradas como privadas.

Há um tipo de área protegida no estado do Paraná que são as Áreas Especiais de Uso Regulamentado (ARESUR), criadas através do Decreto Paranaense nº 3.446 de 25 de julho de 1997 (PARANÁ, 1997) com a finalidade de resguardar o modo de produção chamado “Sistema Faxinal”. Tal sistema de produção é considerado como camponês tradicional, e é característico da região Centro-Sul do Paraná, que tem como traço marcante o uso coletivo da terra para produção animal e a conservação ambiental.

Vale ressaltar que por mais que haja essa subdivisão, legalmente, os faxinais seguem disposições legais aplicáveis as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), conforme art. 1º § 2º do Decreto nº 3.446/1997, sendo de domínio privado.

Outra área protegida são as Áreas de Terras Indígenas (ATIs). Para melhor compreender a temática, se foi consultada a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e o Instituto Socioambiental (ISA). O estado do Paraná conta com 29 terras indígenas no estado, ocupando uma área total de 124.530,32 hectares (1.245,30 km²), correspondendo a 0,62% da área total do estado. Na Figura 4.1 há o mapa retirado do site do ISA (2021), apontando em laranja os contornos das terras indígenas no estado do Paraná.

Felizmente, o IAT disponibiliza os dados georreferenciados relativos as UCs de domínio público no estado do Paraná (IAT, 2021) conforme as diretrizes provenientes da Lei nº 10.267 de 28 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001), Decreto nº 4.449 de 30 de outubro de 2002 (BRASIL, 2002) e Manual de Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2013). Para apontar quais UCs estaduais, suas classificações e disponibilidade de dados, foi elaborada a Tabela 5. Vale reiterar que os dados disponíveis ao público são apenas das UCs de domínio público.

Figura 5 Estado do Paraná e suas terras indígenas demarcadas em laranja.

Fonte: Mapa obtido pelo site do ISA das Terras Indígenas do Brasil (ISA, 2021).

Tabela 5 Listagem com as divisões das UCs em Âmbito Estadual no estado do Paraná e seu respectivo domínio

Grupo	Categoria de Manejo	Domínio
Proteção Integral	Estação Ecológica (EE)	Público
Proteção Integral	Reserva Biológica (REBIO)	Público
Proteção Integral	Parque (PARQUE)	Público
Proteção Integral	Monumento Natural (MN)	Público
Proteção Integral	Refúgio de Vida Silvestre (RVS)	Público
Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental (APA)	Público
Uso Sustentável	Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)	Público
Uso Sustentável	Floresta (FLORESTA) – No caso Estadual	Público
Uso Sustentável	Reserva de Fauna (REFAU)	Público
Proteção Integral	Monumento Natural (MN)	Privado
Proteção Integral	Refúgio de Vida Silvestre (RVS)	Privado
Proteção Integral	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Privado
Uso Sustentável	Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)	Privado
Uso Sustentável	Reserva Extrativista (RESEX)	Privado
Uso Sustentável	Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	Privado

Tabela 5 Listagem com as divisões das UCs em Âmbito Estadual no estado do Paraná e seu respectivo domínio (Cont.)

Grupo	Categoria de Manejo	Domínio
Uso Sustentável	Área Especial de Interesse Turístico (AEIT)	Privado
Outras Áreas Especialmente Protegidas	Faxinais (ARESUR)	Privado
Outras Áreas Especialmente Protegidas	Áreas de Terras Indígenas (ATI)	Privado

Fonte: Instituto Água e Terra (2021).

4.3 Unidades de conservação do estado de São Paulo

4.3.1 Unidades de conservação segundo o sistema SNUC

Tomando os dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), os quais levam em consideração as unidades explicitadas unicamente no sistema SNUC, o estado de São Paulo conta com 256 unidades de conservação (dados do 2º semestre de 2020), dentre as quais são 64 de domínio federal (25%), 152 de domínio estadual (59,38%) e 40 de domínio municipal (15,63%). Vale ressaltar que 3 dessas 256 UCs são compartilhadas com outros estados, sendo elas: Área de Proteção Ambiental Serra da Mantiqueira (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro), Área de Proteção Ambiental Ilhas e Várzea do Rio Paraná

(São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná) e Parque Nacional da Serra da Bocaina (São Paulo e Rio de Janeiro), todas sob administração Federal (MMA,2021). Na figura 4.2 há uma ilustração com todas as UCs do Estado de São Paulo.

Outros dados importantes quanto a estas 256 UCs são: 184 não possuem plano de manejo (71,88%) e 72 o possuem (28,13%); 180 estão sob gestão pública (70,31%) e 76 sob gestão privada (29,69%) (MME, 2021).

Na Tabela 6 há dados das quantidades das unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável segundo o SNUC com dados do MMA. Informações discretizadas quanto a cada uma das unidades de conservação que são amparadas pelo SNUC no estado de São Paulo estão no Excel em anexo a este relatório. Dentre as informações disponíveis acerca

das UCs se tem: esfera administrativa responsável, sua categoria no sistema SNUC; quais unidades federativas que abrangem; ato legal de criação, seu respectivo ano e outros atos legais associados; municípios abrangidos; presença de plano de manejo e conselho gestor; área da UCs e seus biomas.

Figura 6 Mapa das unidades de conservação e das áreas verdes do estado de São Paulo.



Fonte: GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012.

Tabela 6 Dados Consolidados das áreas de proteção integral e uso sustentável no estado de São Paulo

		Domínio Federal	Domínio Estadual	Domínio Municipal
Proteção Integral	Estação Ecológica	3	26	4
	Reservas Biológicas	0	1	2
	Parque	1	36	25
	Monumento Natural	0	2	1
	Refúgio da Vida Silvestre	1	1	0

Tabela 6 Dados Consolidados das áreas de proteção integral e uso sustentável no estado de São Paulo (Cont.)

		Domínio Federal	Domínio Estadual	Domínio Municipal
Uso Sustentável	Area de Proteção Ambiental	4	36	8
	Area de Relevante Interesse Ecologico	6	5	0
	Floresta	3	6	0
	Reservas Extrativistas	1	2	0
	Reserva de Fauna	0	0	0
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	0	7	0
	Reserva de Patrimônio Natural	45	30	1
	Total	64	152	41

Fonte: Painel de Unidades de Conservação Brasileiras (MMA, 2021).

4.3.2 Particularidades estaduais quanto ao sistema SNUC e outras áreas ambientalmente sensíveis

Segundo a Lei do SNUC, os Conselhos das Unidades de Conservação podem ser deliberativos ou consultivos e devem ser presididos por representantes dos Órgãos

Gestores das UCs, com a participação dos Órgãos Públicos presentes na região, das Prefeituras Municipais e das entidades da Sociedade Civil.

No Estado de São Paulo, antes da edição da Lei do SNUC, algumas APAs já tinham seus Sistemas de Gestão instituídos por meio de Colegiados Gestores, que foram estruturados de forma idêntica aos Comitês das Bacias Hidrográficas. Após a edição da Lei do SNUC e seu decreto regulamentador, o estado de São Paulo editou o Decreto

Estadual nº 48.149, de 09 de outubro de 2003, que dispõe sobre a readequação dos Colegiados Gestores das APAs, quanto à estrutura, composição e nomenclatura, passando o mesmo a se chamar Conselho Gestor, com composição paritária entre os órgãos públicos e as entidades, tendo o Estado e os Municípios vinte e cinco por cento da representação e a sociedade civil cinquenta por cento. Além dos Conselhos Gestores, o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) também tem como atribuição o acompanhamento, a análise e a aprovação das propostas de Planos de Manejo das APAs no Estado de São Paulo (SILVA, 2006).

Em 2014, visando buscar soluções para aprimorar a gestão das áreas protegidas paulistas, o Governo do Estado instituiu o Sistema de Informação e Gestão de Áreas Protegidas e de Interesse Ambiental do Estado de São Paulo (SIGAP), por meio do Decreto Estadual nº 60.302/2014². O SIGAP é um instrumento de planejamento, integração e publicidade das ações do Poder Público relacionadas à gestão das áreas protegidas, e o SIE-FLOR passou a integrá-lo como subsistema responsável pela gestão direta das áreas protegidas (SÃO PAULO, 2019).

Assim como o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC – Lei Federal nº 9.985, de 2000) institui e disciplina uma série de categorias de áreas protegidas, o SIGAP vem, no âmbito estadual, servir complementarmente como instrumento de informação e gestão das áreas protegidas paulistas, com destaque para as unidades de conservação, utilizando para isso de todas as informações disponíveis no Estado (FELDMANN *et al.*, 2015).

Pode-se dizer que o SIGAP é a consolidação do SNUC no estado de São Paulo, agregando ainda outras categorias de áreas protegidas não incluídas no SNUC, mas também de extrema importância ecológica. São elas: Paisagem Cultural, Eco-museu, Monumento Geológico, Estrada-Parque, Área sob Atenção Especial do Estado em Estudo para Expansão da Conservação da Biodiversidade (ASPE), Reserva da Biosfera, Área de Patrimônio Mun-

² Decreto Estadual nº 60.302/2014 - Institui o Sistema de Informação e Gestão de Áreas Protegidas e de Interesse Ambiental do Estado de São Paulo (SIGAP) e dá providências correlatas. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/172640>

dial Natural, Reserva Legal, Área de Preservação Permanente (APP), Área Úmida, Área Natural Tombada e Área de Cavidade Natural Subterrânea.

O planejamento e a coordenação das ações de proteção na UC são definidos, no SIGAP, como competências do Gestor de UC, conforme art. 26, incisos V e VII, devendo planejar e coordenar as ações de conservação e proteção na unidade de conservação, bem como apoiar ações de proteção na sua zona de amortecimento, além de desempenhar ações de fiscalização na área da unidade de conservação, mediante o exercício do poder de polícia.

No entanto, a fim de tornar mais amplo e rico o processo de planejamento da proteção e da fiscalização ambiental, é preciso reconhecer demais atores, órgãos e instituições que precisam ser envolvidos e participar deste processo, podendo contribuir tanto com conhecimentos sobre o território, como também na execução de estratégias e ações, sejam estas integradas ou não, como: guardas-parque, pesquisadores, técnicos, Conselho da UC, IBAMA, ICMBio, prefeituras, dentre outros (SÃO PAULO, 2019).

O SIGAP possui como órgão central, com a atribuição de coordená-lo, a Secretaria do Meio Ambiente e como órgãos executores, a Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo (Fundação Florestal) e os órgãos da SMA com a atribuição de implantar o SIGAP e de gerir de forma direta as áreas que o integram em especial o Instituto Florestal (art. 3º do Decreto nº 60.302/2014).

5 MAPEAMENTO DE “ÁGUAS” (SUPERFICIAIS E SUBSUPERFICIAIS)

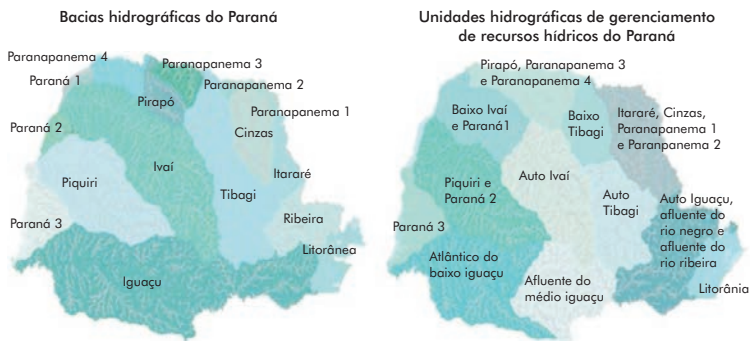
5.1 Estado do Paraná

5.1.1 Lista das bacias e unidades hidrográficas paranaenses

Em 2006, o estado do Paraná instituiu, através da Resolução da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná nº 24 de 2006 e Resolução nº 49 de 2006 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, suas 12 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UHGRH), da mesma forma que delimitou a área de abrangência de suas 16 bacias hidrográficas, conforme a Figura 7 (IAT, 2020).

Quanto às unidades hidrogeográficas, segundo a Resolução nº24/2006 da SEMA-PR, a motivação para sua criação, em suma, foi a maior facilidade na melhoria dos processos de gestão ambiental e recursos hídricos. Além disto, vale ressaltar que os dados analisados e que constam neste relatório podem tomar como referência ambas as classificações.

Figura 7 Bacias Hidrográficas do Paraná e Suas Unidades Hidrográficas para Gerenciamentos dos Recursos Hídricos.



Fonte: Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná (IAT, 2020).

Em 1997 foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por meio da Lei nº 9.433/1997, e o estado do Paraná estando de acordo, em 1999 instituiu a sua Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH).

A PERH estabeleceu a estruturação do sistema de gestão e fiscalização instituindo, assim, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH). Fazem parte do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH/PR): o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/PR), os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), a Secretaria Estadual do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo

(SEDEST/PR) e o Instituto Água e Terra (IAT). Todos esses órgãos vinculados ao governo estadual contribuem de alguma forma com a elaboração dos documentos anteriormente mencionados e que foram usados neste relatório.

5.1.2 Caracterização do uso da água no estado do Paraná

As tabelas abordadas neste tópico fazem parte do Plano de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, e é um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) instituída pela Lei Estadual nº 12.726/1999 e tem como objetivo atuar como instrumento básico na definição da Política e da Gestão dos Recursos Hídricos no Estado (IAT, 2010). O plano é extenso, contando com informações de recursos hídricos alinhados ao tipo de consumo, densidade populacional, características das atividades que se utilizam da água, dentre outras informações, sempre tendo uma metodologia robusta para o tratamento dos dados.

Entretanto, um dos dados que mais interessa quando se trata da indústria dos não convencionais é quanto a disponibilidade hídrica para a realização da operação de fraturamento hidráulico, visto que se é necessário grandes volumes de água a fim de serem bombeados. Dito isto, na Tabela 7 há uma listagem das unidades hidrográficas paranaenses, suas demandas hídricas (superficial e subterrânea), disponibilidade hídrica superficial e, por fim, a relação oferta x demanda hídrica.

Realizando uma breve análise, se percebe que o estado do Paraná tem uma relação oferta versus demanda hídrica de 98,08%, indicando que, de toda a água disponível para o estado, apenas 1,92% é utilizado. Agora analisando por bacias, a com maior a maior demanda hídrica em relação a oferta é Paranapanema 1, com 85,47% e a com menor é Paraná 2, com 99,76%.

Ademais, o plano também conta com o perfil da utilização de água para cada uma das bacias, sendo os setores de maior destaque o de abastecimento público (42%), industrial (24%), agrícola (21%), pecuário (13%) e minerário (~0%). Nas figuras 5.2 e 5.3, temos respectivamente: a caracterização do consumo de água para cada uma das bacias paranaenses e a caracterização para todo o estado do Paraná (IAT, 2010).

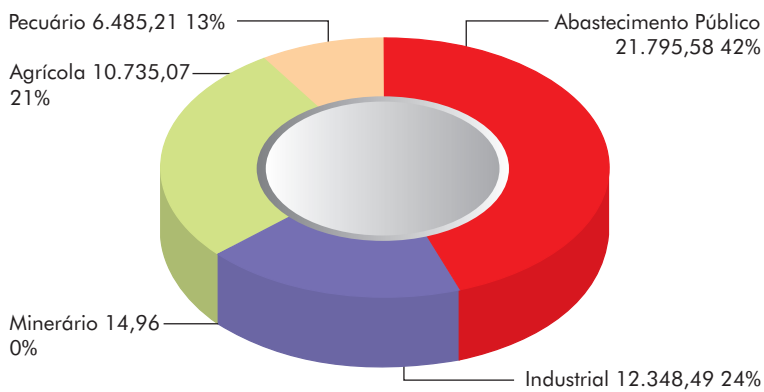
Tabela 7 Balanço entre disponibilidade e demanda por bacia hidrográfica

Bacia Hidrográfica	Demandas Hídricas Totais (L/s) (59)			Efluentes Totais (L/s)			Lançamentos Totais (L/s) (62)			Disponibilidades Hídricas Superficiais (L/s) (65)		Balanço entre Disponibilidades e Demandas (L/s) (68)	
	Superf.	Subter.	Total	Gerados (60)	Coletado (61)	Tratados (61)	Superf.	Subter.	Total	Q95%	Balanço p/ Q95%	%	
Cinzas	1.169,1	512,3	1.681,4	570,18	96,27	377,36	511,17	59,00	570,18	27.796,31	27.138,40	97,63	
Alto Iguaçu*	9.560,9	1.311,4	10.872,4	4.425,55	2.489,66	3.292,09	4.098,99	326,56	4.425,55	48.190,69	42.728,76	88,67	
Iguaçu	11.352,9	1.694,7	13.047,6	5.306,66	2.650,25	3.749,68	4.911,41	395,25	5.306,66	146.727,97	140.286,50	95,61	
Médio Iguaçu*	13.495,7	3.068,6	16.564,3	6.697,06	2.962,78	4.575,15	6.103,32	593,74	6.697,06	291.256,13	283.863,75	97,46	
Baixo Iguaçu*	887,7	126,5	1.014,2	437,49	26,67	355,64	411,08	26,42	437,49	34.341,79	33.865,19	98,61	
Itaipu	2.113,6	1.203,6	3.317,2	1.059,43	164,85	634,11	912,25	147,18	1.059,43	94.440,00	93.238,61	98,73	
Ivaí	6.552,5	2.233,8	8.786,3	2.580,67	568,10	1.726,22	2.282,65	298,02	2.580,67	233.008,43	228.738,61	98,17	
Alto Ivaí*	1.191,7	20,7	1.212,4	471,54	105,84	145,23	404,18	67,36	471,54	77.044,20	76.256,70	98,98	
Baixo Ivaí*	1.983,6	644,1	2.627,8	1.482,86	314,67	1.188,56	1.382,89	99,97	1.482,86	30.046,64	29.445,89	98,00	
Pirapó	581,2	83,3	664,5	103,65	68,88	80,93	94,40	9,25	103,65	3.349,54	2.862,73	85,47	
Parapanema 1	263,8	13,8	277,6	26,09	14,36	23,55	25,96	0,13	26,09	1.825,97	1.588,16	86,98	
Parapanema 2	998,0	239,4	1.237,5	422,02	35,88	340,94	396,58	25,44	422,02	16.580,32	15.978,85	96,37	
Parapanema 3	256,9	293,4	550,3	162,43	13,14	87,95	138,74	23,69	162,43	19.858,97	19.740,83	99,41	
Parapanema 4	1.523,0	1.386,9	2.909,9	1.090,47	199,40	707,60	956,58	133,88	1.090,47	157.173,83	156.607,46	99,64	
Piquiri	697,7	119,1	815,8	47,35	9,27	17,27	40,26	7,10	47,35	9.439,21	8.782,78	93,05	
Paraná 1	58,0	149,1	207,1	24,38	6,09	6,42	18,91	5,47	24,38	16.467,89	16.428,83	99,76	
Paraná 2	1.710,3	1.008,7	2.719,0	1.220,55	285,67	782,00	1.083,28	137,26	1.220,55	57.749,92	57.122,92	98,91	
Paraná 3	788,8	223,4	1.012,2	333,16	34,91	170,07	282,20	50,96	333,16	66.136,18	65.629,59	99,23	
Ribeira	4.474,6	340,0	4.814,7	2.599,00	356,47	2.265,00	2.495,19	103,81	2.599,00	75.724,43	73.744,99	97,39	
Tibagi	7.835,1	1.264,1	9.099,2	3.937,03	1.157,93	3.276,96	3.730,23	206,80	3.937,03	111.094,83	106.989,97	96,31	
Alto Tibagi*	39.991,95	11.387,36	51.379,31	19.606,93	5.899,86	13.861,85	17.862,44	1.744,49	19.606,93	1.153.170,17	1.131.040,67	98,08	
Baixo Tibagi*													
Total													

Notas: * As unidades hidrográficas que sub-dividem bacias hidrográficas estão apresentando valores acumulados; ** Bacias hidrográficas que possuem a área subdividida em unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos

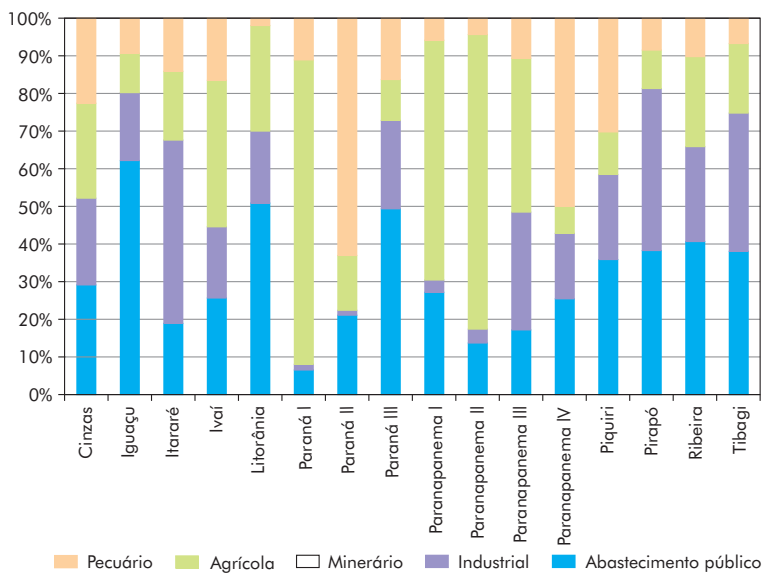
Fonte: Diagnóstico de Demandas e Disponibilidade Hídricas Superficiais, IAT (Produto 1.1 do PERH).

Figura 8 Demanda hídrica por uso para todo o estado do Paraná.



Fonte: IAT (2010).

Figura 9 Demanda hídrica por uso para cada uma das bacias paranaenses.

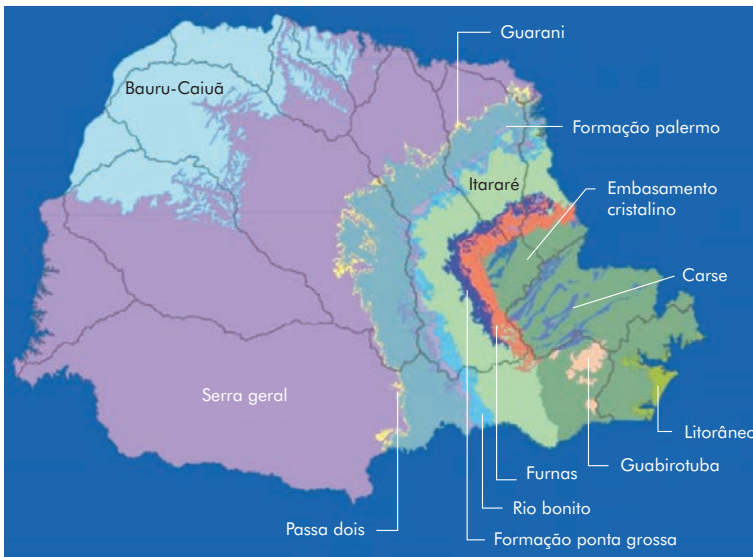


Fonte: IAT (2010).

5.1.3 Listagem de unidades aquíferas subterrâneas

No território paranaense, há a presença de onze unidades aquíferas subterrâneas, são elas: Embasamento Cristalino, Carste, Furnas, Itararé, Rio Bonito, Passo Dois, Guarani, Serra Geral, Caiuá, Guabirotuba e Litorâneo, conforme Figura 10. Para as informações que serão abordadas neste subtópico têm como referência a Carta das Águas Subterrâneas do Paraná, onde houve o envolvimento de uma ampla gama de profissionais de múltiplas instituições para elaboração do documento, a saber: Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, do Ministério do Meio Ambiente (MMA/SRHU), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Sanepar, Mineropar, Instituto Ambiental do Paraná, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da Universidade Federal do Paraná (LPH/UFPR) e do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (IAT, 2020).

Figura 10 Estado do Paraná com destaque para as múltiplas unidades aquíferas subterrâneas.



Fonte: Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná (IAT 2020).

Quanto à motivação que nos faz dar ênfase no mapeamento de águas subterrâneas, ela está associada a possíveis acidentes quando se trata do

uso do fraturamento hidráulico em reservatórios não convencionais, visto que já houve um caso em que foi constatada uma migração de gás natural de poços fraturados hidraulicamente para aquíferos adjacentes.

Tratando do cenário nacional, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), em conjunto com a Academia Brasileira de Ciências (ABC), demonstrou preocupação em relação ao uso do fraturamento hidráulico e enviou em 2013 uma carta (SBPC e ABC, 2013) à presidente da República à época, onde um trecho se destaca: “Nesta condição, a tecnologia de extração de gás está embasada em processos invasivos da camada geológica portadora do gás, por meio da técnica de fratura hidráulica, com a injeção de água e substâncias químicas, podendo ocasionar vazamentos e contaminação de aquíferos de água doce que ocorrem acima do xisto”.

Conforme endereçada a preocupação, um parâmetro que se faz necessário conhecer é a profundidade dos aquíferos, para que em simulações de propagação de fraturas a partir dos reservatórios, possamos saber se elas serão capazes de alcançar os aquíferos aqui listados. Para tal, se buscou estudos acerca de poços profundos tabulares em todas as unidades aquíferas do estado do Paraná, conforme apresentada na Tabela 8. Esta tabela consta com dados estatísticos se usando dos conceitos de percentis para a quantidade de poços assim como suas profundidades tenham seu reflexo na mediana, a qual aparece na Tabela 9 (ÁGUA & SOLO ESTUDOS E PROJETOS, 2018)

Caso seja julgado necessário, as profundidades poço-a-poço podem ser consultadas na base de dados da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

Tabela 8 Lista de unidades aquíferas subterrâneas no estado do Paraná com a sua quantidade de poços tabulares profundos perfurados assim como as medianas de suas profundidades em metros

	Quantidade de Poços Perfurados	Mediana das Profundidades (m)
Embasamento Cristalino	236	90,00
Carste	109	50,70
Furnas	36	136,00
Itararé	169	150,00
Rio Bonito	61	174,00

Tabela 8 Lista de unidades aquíferas subterrâneas no estado do Paraná com a sua quantidade de poços tabulares profundos perfurados assim como as medianas de suas profundidades em metros (Cont.)

	Quantidade de Poços Perfurados	Mediana das Profundidades (m)
Passa Dois	95	114,00
Guarani	80	201,50
Serra Geral	1626	120,00
Caiuá	404	102,00
Guabirota	13	55,00
Litorâneo	6	15,00

Fonte: Carta das Águas Subterrâneas do Paraná, (ÁGUA & SOLO ESTUDOS E PROJETOS, 2018).

Tabela 9 Valores máximos, mínimos e os percentis referentes a profundidade dos poços analisados em cada uma das unidades aquíferas subterrâneas no estado do Paraná.

	Embasa-mento Cristalino	Carste	Furnas	Itararé	Rio Bonito	Passa Dois	Guarani	Serra Geral	Caiuá
Valor Máximo	330,00	200,00	330,00	452,00	452,00	350,00	1567,00	795,00	350,00
99	304,00	192,90	316,00	390,70	430,40	308,60	1190,20	350,00	250,40
98	301,20	152,90	302,00	360,80	407,20	300,70	1006,60	300,90	229,90
97	269,68	151,70	286,50	350,00	380,80	300,00	882,30	300,00	207,30
95	250,50	150,00	237,50	319,10	352,00	219,50	694,20	270,00	165,90
93	240,00	150,00	218,60	300,00	384,40	200,00	629,40	250,00	153,80
91	200,00	147,30	212,30	300,00	338,80	190,80	566,80	241,10	150,00
90	187,00	141,50	201,50	300,00	334,00	176,00	507,50	228,00	150,00
85	150,75	130,00	173,20	272,50	302,00	150,90	440,10	200,00	148,70
75	141,75	87,50	150,00	200,00	280,00	150,00	300,00	150,00	122,00
65	108,00	66,20	150,00	162,00	250,00	141,90	268,10	150,00	120,00
50	90,00	50,70	136,00	150,00	174,00	114,00	201,50	120,00	102,00
40	78,00	45,00	112,00	120,00	150,00	101,40	169,20	102,00	100,00
25	57,00	36,00	100,00	100,00	124,00	85,00	138,40	80,00	81,00
15	45,13	25,70	90,00	90,90	100,00	76,00	112,90	69,90	72,00
5	33,00	20,20	70,00	66,00	73,00	56,10	74,60	45,50	57,00
Valor Mínimo	15,00	18,00	43,00	29,00	42,00	36,00	60,00	10,00	25,30

Fonte: Carta das Águas Subterrâneas do Paraná, (ÁGUA & SOLO ESTUDOS E PROJETOS, 2018). Os aquíferos Guabirota e Litorâneo não constam devido a sua baixa quantidade de poços perfurados.

5.2 Estado de São Paulo

5.2.1 Lista das bacias e unidades hidrográficas paulistas

As unidades hidrográficas presentes nos 645 municípios do estado de São Paulo estão agrupadas em 22 bacias hidrográficas, listadas na Tabela 10.

Tabela 10 Bacias hidrográficas do Estado de São Paulo

Bacia hidrográfica	Municípios
Alto Paranapanema	Angatuba, Arandú, Barão de Antonina, Bernardino de Campos, Bom Sucesso de Itararé, Buri, Campina do Monte Alegre, Capão Bonito, Coronel Macedo, Fartura, Guapiara, Guareí, Ipaussu, Itaberá, Itá, Itapetininga, Itapeva, Itaporanga, Itararé, Manduri, Nova Campina, Paranapanema, Pilar do Sul, Ribeirão Branco, Ribeirão Grande, Riversul, São Miguel Arcanjo, Sarutaiá, Taguaí, Taquarituba, Taquarivaí, Tejuapá e Timburi
Alto Tietê	Arujá, Barueri, Biritiba Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapeçerica da Serra, Itapeví, Itaquaquecetuba, Jandira, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santana do Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Paulo, Suzano e Taboão da Serra
Aquapeí e Peixe	Adamantina, Alfredo Marcondes, Álvares Machado, Álvaro de Carvalho, Arco Íris, Bastos, Borá, Caiabu, Clementina, Dracena, Emilianópolis, Flora Rica, Flórida Paulista, Gabriel Monteiro, Garça, Getulina, Guaimbê, Herculândia, Iacri, Indiana, Inúbia Paulista, Irapuru, Júlio Mesquita, Lucélia, Luiziânia, Lutécia, Mariápolis, Marília, Martinópolis, Monte Castelo, Nova Guataporanga, Nova Independência, Oriente, Oscar Bressane, Osvaldo Cruz, Ouro Verde, Pacaembu, Panorama, Parapuã, Paulicéia, Piacatu, Piquerobi, Pompéia, Pracinha, Queiroz, Quintana, Ribeirão dos Índios, Rinópolis, Sagres, Salmourão, Santa Mercedes, Santo Expedito, Santópolis do Aguapeí, São João do Pau D'Alho, Tupã e Tupi Paulista
Baixada Santista	Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente
Baixo Pardo / Grande	Altair, Barretos, Bebedouro, Colina, Colômbia, Guaraci, Icmém, Jaborandi, Morro Agudo, Orlandia, Terra Roxa e Viradouro
Baixo Tietê	Alto Alegre, Andradina, Araçatuba, Avanhandava, Barbosa, Bento de Abreu, Bilac, Birigui, Braúna, Brejo Alegre, Buritama, Castilho, Coroados, Gastão Vidigal, Glicério, Guaraçaí, Guararapes, Itapura, José Bonifácio, Lavinia, Lourdes, Macauba, Magda, Monções, Murutinga do Sul, Nipoã, Nova Castilho, Nova Luzitânia, Penápolis, Pereira Barreto, Planalto, Poloni, Promissão, Rubiácea, Santo Antônio do Aracanguá, Sud Mennucci, Turiúba, Ubarana, União Paulista, Valparaíso e Zacarias
Litoral Norte	Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba
Médio Paranapanema	Águas de Santa Bárbara, Alvinlândia, Assis, Avaré, Cabrália Paulista, Campos Novos Paulista, Cândido Mota, Canitar, Cerqueira César, Chavantes, Cruzália, Duartina, Echaporã, Espírito Santo do Turvo, Fernão, Florínea, Gália, Iaras, Ibirarema, Itatinga, João Ramalho, Lucianópolis, Lupércio, Ocaucu, Óleo, Ourinhos, Palmital, Paraguaçu Paulista, Pardinho, Paulistânia, Pedrinhas Paulista, Platina, Pratânia, Quatá, Rancharia, Ribeirão do Sul, Salto Grande, Santa Cruz do Rio Pardo, São Pedro do Turvo, Tarumã e Ubirajara

Tabela 10 Bacias hidrográficas do Estado de São Paulo (Cont.)

Bacia hidrográfica	Municípios
Mogi-Guaçu	Aguai, Águas da Prata, Águas de Lindóia, Américo Brasiliense, Araras, Barrinha, Conchal, Descalvado, Dumont, Engenheiro Coelho, Espírito Santo do Pinhal, Estiva Gerbi, Guariba, Guataporá, Itapira, Jaboticabal, Leme, Lindóia, Luís Antônio, Mogi Guaçu, Mogi Mirim, Motuca, Pirassununga, Pontal, Porto Ferreira, Pradópolis, Rincão, Santa Cruz da Conceição, Santa Cruz das Palmeiras, Santa Lúcia, Santa Rita do Passa Quatro, Santo Antônio do Jardim, São João da Boa Vista e Serra Negra, Sertãozinho, Socorro e Taquaral
Paraíba do Sul	Aparecida, Arapeí, Areias, Bananal, Caçapava, Cachoeira Paulista, Canas, Cruzeiro, Cunha, Guararema, Guaratinguetá, Igaratá, Jacareí, Jambéiro, Lagoinha, Lavrinhas, Lorena, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Paraibuna, Pindamonhangaba, Piquete, Potim, Redenção da Serra, Roseira, Santa Branca, Santa Isabel, São José do Barreiro, São José dos Campos, São Luís do Paraitinga, Silveiras, Taubaté e Tremembé
Pardo	Altinópolis, Brodowski, Caconde, Cajuru, Casa Branca, Cássia dos Coqueiros, Cravinhos, Divinolândia, Itobi, Jardinópolis, Mococa, Ribeirão Preto, Sales
	Oliveira, Santa Cruz da Esperança, Santa Rosa de Viterbo, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma, São Simão, Serra Azul, Serrana, Tambaú, Tapiratiba e Vargem Grande do Sul
Piracicaba / Capivari / Jundiá	Águas de São Pedro, Americana, Amparo, Analândia, Artur Nogueira, Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Campinas, Campo Limpo Paulista, Capivari, Charqueada, Cordeirópolis, Corumbataí, Cosmópolis, Elias Fausto, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Ipeúna, Iracemápolis, Itatiba, Itupeva, Jarinu, Joanópolis, Jundiá, Limeira, Louveira, Mombuca, Monte Alegre do Sul, Monte Mor, Morungaba, Nazaré Paulista, Nova Odessa, Paulínia, Pedra Bela, Pedreira, Pinhalzinho, Piracaia, Piracicaba, Rafard, Rio Claro, Rio das Pedras, Saltinho, Salto, Santa Bárbara D'Oeste, Santa Gertrudes, Santa Maria da Serra, Santo Antônio de Posse, São Pedro, Sumaré, Tuiuti, Valinhos, Vargem, Várzea Paulista e Vinhedo
Pontal do Paranapanema	Anhumas, Caiuá, Estrela do Norte, Euclides da Cunha Paulista, Iepê, Marabá Paulista, Mirante do Paranapanema, Nantes, Narandiba, Pirapozinho, Presidente Bernardes, Presidente Epitácio, Presidente Prudente, Presidente Venceslau, Regente Feijó, Rosana, Sandovalina, Santo Anastácio, Taciba, Tarabaí e Teodoro Sampaio
Ribeira do Iguape e Litoral Sul	Apiáí, Barra do Chapéu, Barra do Turvo, Cajati, Cananéia, Eldorado, Iguape, Ilha Comprida, Iporanga, Itaóca, Itapirapuã Paulista, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Juquitiba, Miracatu, Pariquera-Açu, Pedro de Toledo, Registro, Ribeira, São Lourenço da Serra, Sete Barras e Tapiraí
São José dos Dourados	Aparecida D'Oeste, Auriflamma, Dirce Reis, Floreal, General Salgado, Guzolândia, Ilha Solteira, Jales, Marinópolis, Monte Aprazível, Neves Paulista, Nhandeara, Nova Canaã Paulista, Palmeira D'Oeste, Pontalinda, Rubinéia, Santa Fé do Sul, Santa Salete, Santana da Ponte Pensa, São Francisco, São João das Duas Pontes, São João de Iracema, Sebastianópolis do Sul e Três Fronteiras
Sapucaí-Mirim / Grande	Aramina, Batatais, Buritizal, Cristais Paulista, Franca, Guairá, Guará, Igarapava, Ipuã, Itirapuã, Ituverava, Jeriquara, Miguelópolis, Nuporanga, Patrocínio Paulista, Pedregulho, Restinga, Ribeirão Corrente, Rifaina, Santo Antônio da Alegria, São Joaquim da Barra e São José da Bela Vista

Tabela 10 Bacias hidrográficas do Estado de São Paulo (Cont.)

Bacia hidrográfica	Municípios
Serra da Mantiqueira	Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí
Sorocaba e Médio Tietê	Alambari, Alumínio, Anhembi, Araçariçuama, Araçoiaba da Serra, Bofete, Boituva, Botucatu, Cabreúva, Capela do Alto, Cerquilha, Cesário Lange, Conchas, Ibiúna, Iperó, Itu, Jumarim, Laranjal Paulista, Mairinque, Pereiras, Piedade, Porangaba, Porto Feliz, Salto de Pirapora, São Roque, Sarapuí, Sorocaba, Tatuí, Tietê, Torre de Pedra, Vargem Grande Paulista e Votorantim
Tietê-Batalha	Adolfo, Avaí, Bady Bassitt, Balbinos, Borborema, Cafelândia, Dobrada, Elisiário, Guaçuara, Guarantã, Ibirá, Irapuã, Itajobi, Itápolis, Jaci, Lins, Marapoama, Matão, Mendonça, Nova Aliança, Novo Horizonte, Pirajuí, Piratininga, Potirendaba, Presidente Alves, Reginópolis, Sabino, Sales, Santa Ernestina, Taquaritinga, Uru e Urupês
Tietê-Jacaré	Agudos, Araraquara, Arealva, Areiópolis, Bariri, Barra Bonita, Bauru, Boa Esperança do Sul, Bocaina, Boracéia, Borebi, Brotas, Dois Córregos, Dourado, Gavião Peixoto, Iacanga, Ibaté, Ibitinga, Igarapu do Tietê, Itaju, Itapuí, Itirapina, Jaú, Macatuba, Mineiros do Tietê, Nova Europa, Pederneiras, Ribeirão Bonito, São Carlos, São Manuel, Tabatinga, Torrinha e Trabiçu
Turvo / Grande	Álvares Florence, Américo de Campos, Ariranha, Aspásia, Bálsamo, Cajobi, Cândido Rodrigues, Cardoso, Catanduva, Catiguá, Cedral, Cosmorama, Dolcinópolis, Embaúba, Estrela D'Oeste, Fernando Prestes, Fernandópolis,
	Guapiaçu, Guarani D'Oeste, Indaiaporã, Ipiguá, Macedônia, Meridiano, Mira Estrela, Mirassol, Mirassolândia, Monte Alto, Monte Azul Paulista, Nova Granada, Novais, Olímpia, Onda Verde, Orindiúva, Ouroeste, Palestina, Palmares Paulista, Paraíso, Paranapuã, Parisi, Paulo de Faria, Pedranópolis, Pindorama, Pirangi, Pontes Gestal, Populina, Riolândia, Santa Adélia, Santa Albertina, Santa Clara D'Oeste, Santa Rita D'Oeste, São José do Rio Preto, Severínia, Tabapuã, Taitaçu, Taiuva, Tanabi, Uchoa, Urânia, Valentim Gentil, Vista Alegre do Alto, Vitória Brasil e Votuporanga

Fonte: Adaptado de Governo do Estado de São Paulo (2021d).

5.2.2 Caracterização do uso da água no estado de São Paulo

5.2.2.1 Listagem de usos da água superficial

O uso de água no estado de São Paulo tem aumentado gradativamente nas últimas décadas, se tornando tema crítico para a gestão do Estado (COBRAPE, 2020). Nesse contexto, é importante conhecer o uso dos recursos hídricos para possibilitar uma melhor gestão. As principais categorias de uso da água bem como as suas respectivas vazões por bacia hidrográfica estão apresentadas na Tabela 11 (COBRAPE, 2020).

Tabela 11 Vazões de água (m³/s) outorgada no estado por bacias hidrográficas do estado de São Paulo.

Bacia hidrográfica	Abastecimento público	Indústria	Rural	Soluções alternativas e outros usos	Demanda total/uso
Mantiqueira	0,35	0	0,74	0,03	1,12
Paraíba do Sul	12,19	5,67	5,55	0,79	24,20
Litoral Norte	2,29	0,02	0,5	0,19	3,00
Pardo	6,08	3,7	6,07	1,45	17,30
Piracicaba/Capivari/Jundiá	56,55	14,71	2,81	3,62	77,69
Alto Tietê	46,34	6,89	0,98	3,33	57,54
Baixada Santista	11,09	8,82	0	1,13	21,04
Sapucaí Mirim/Grande	3,07	2,23	7,17	0,29	12,77
Mogi Guaçu	6,32	13,36	15,64	2,45	37,77
Sorocaba/Médio Tietê	6,25	2,85	4,18	2,53	15,81
Ribeira do Iguape/Litoral Sul	0,89	1,39	0,91	0,3	3,49
Baixo Pardo/Grande	3,54	2,28	15,9	1	22,72
Tietê/Jacaré	3,23	8,72	6,45	1,34	19,74
Alto Paranapanema	1,95	2,08	12,6	0,2	16,84
Turvo/Grande	4,26	3,9	10,12	0,93	19,20
Tietê/Batalha	1,67	1,34	8,36	0,75	12,12
Médio do Paranapanema	1,99	5,01	8,17	0,36	15,53
São José dos Dourados	0,48	1,36	2,67	0,05	4,56
Baixo Tietê	1,98	2,82	4,08	0,35	9,22
Aguapeí	0,76	4,01	1,84	0,85	7,46
Peixe	1,12	0,71	0,75	0,13	2,71
Pontal do Paranapanema	0,86	1,03	1,62	0,15	3,66
TOTAL	173,24	92,90	117,11	22,23	405,48

Fonte: Adaptado de COBRAPE (2020).

5.2.2.2 Áreas com estresse hídrico

A situação em que a demanda de água é maior que a disponibilidade e capacidade de renovação é chamada de estresse hídrico ou escassez hídrica física. Previsões dizem que mais de 40% da população mundial viverá a curto prazo em regiões afetadas por um estresse hídrico crescente (JACOBI, EMPINOTTI e SCHMIDT, 2016).

A disponibilidade de água pode ser dada de duas formas: usando uma vazão de referência ou utilizando uma série de vazões históricas mensais. Já as demandas, podem ser determinadas utilizando as vazões outorgadas ou metodologias específicas de determinação de demandas (COBRAPE, 2020).

Na Tabela 12 é apresentado o balanço hídrico para cada uma das bacias citadas na Tabela 11. O balanço foi realizado a partir da demanda outorgada e da disponibilidade usando duas vazões de referência: a Q7,10 (a vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de recorrência), e a Q90% (vazão mínima esperada em 90% do tempo). Pode-se observar que as bacias Piracicaba/Capivarí/Jundiaí e a Alto Tietê apresentam balanços hídricos negativos. Sendo assim, essas bacias podem ser categorizadas como áreas com estresse hídrico (COBRAPE, 2020).

Tabela 12 Balanço hídrico das bacias do estado de São Paulo. Os valores destacados em vermelho representam bacias com possível estresse hídrico.

Bacia hidrográfica	Demanda outorgada em SP (m ³ /s)	Disponibilidade (m ³ /s)		Balanço hídrico	
		Q7,10	Q90%	Q7,10 – Qoutorgada	Q90% – Qoutorgada
Matiqueira	1,12	7,00	10,00	5,88	8,88
Paraíba do Sul	24,20	72,00	93,00	47,80	68,80
Litoral Norte	3,00	27,00	39,00	24,00	36,00
Pardo	17,30	30,00	44,00	12,70	26,70
Piracicaba/Capivarí/Jundiaí	77,69	43,00	65,00	-34,69	-12,69
Alto Tietê	57,54	20,00	31,00	-37,54	-26,54
Baixada Santista	21,04	38,00	58,00	16,96	36,96
Sapucaí Mirim/Grande	12,77	28,00	46,00	15,23	33,23

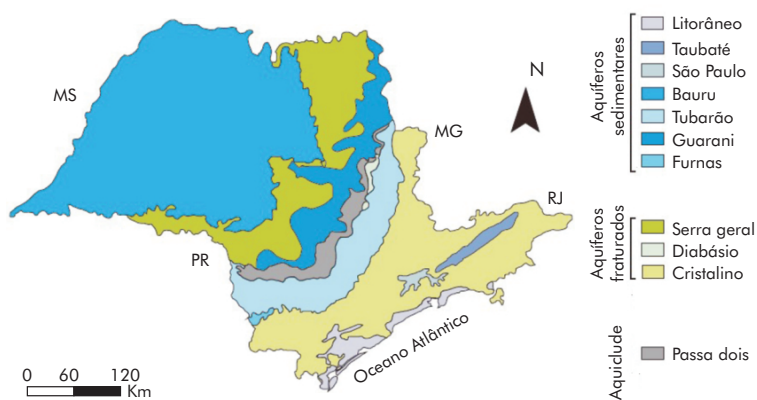
Tabela 12 Balanço hídrico das bacias do estado de São Paulo. Os valores destacados em vermelho representam bacias com possível estresse hídrico. (Cont.)

Bacia hidrográfica		Disponibilidade (m ³ /s)		Balanço hídrico	
Mogi Guaçú	37,77	48,00	72,00	10,23	34,23
Sorocaba/Médio Tietê	15,81	22,00	39,00	6,19	23,19
Ribeira do Iguape / Litoral Sul	3,49	162,00	229,00	158,51	225,51
Baixo Pardo / Grande	22,72	21,00	31,00	-1,72	8,28
Tietê /Jacaré	19,74	40,00	50,00	20,26	30,26
Alto Paranapenema	16,84	84,00	114,00	67,16	97,16
Turvo/ Grande	19,20	26,00	39,00	6,80	19,80
Tietê / Batalha	12,12	31,00	40,00	18,88	27,88
Médio Paranapenma	15,53	65,00	82,00	49,47	66,47
São José dos Dourados	4,56	12,00	16,00	7,44	11,44
Baixo Tietê	9,22	27,00	36,00	17,78	26,78
Aguapeí	7,46	28,00	41,00	20,54	33,54
Peixe	2,71	29,00	38,00	26,29	35,29
Pontal do Paranapenama	3,66	34,00	47,00	30,34	43,34

Fonte: Adaptado de COBRAPE (2020).

5.2.3 Listagem de unidades aquíferas subterrâneas

Os aquíferos do estado de São Paulo são divididos em dois grandes grupos: os Aquíferos Sedimentares e os Fraturados, como pode ser observado na Figura 11. O primeiro grupo reúne aqueles constituídos por sedimentos depositados pela ação dos rios, vento e mar, onde a água circula pelos poros existentes entre os grãos minerais. Os principais aquíferos de São Paulo que se enquadram nessa categoria são os aquíferos Guarani, Bauru, Taubaté, São Paulo e Tubarão. Já os aquíferos fraturados são aqueles formados por rochas ígneas e metamórficas. Os principais exemplos são os aquíferos Serra Geral e o Cristalino (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014; PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2017).

Figura 11 Aquíferos do Estado de São Paulo.

Fonte: Governo do Estado de São Paulo (2014).

Através de um estudo realizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), o Instituto Geológico (IG), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), foi elaborado o Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo³. Esta publicação constitui uma síntese dos conhecimentos das águas subterrâneas do Estado de São Paulo, fornecendo um panorama geral das principais características hidrogeológicas e potencialidades dos aquíferos do território paulista.

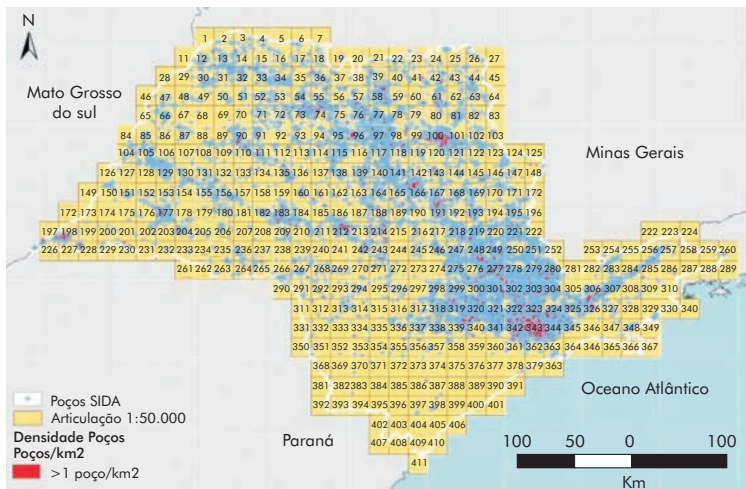
O Mapa é constituído por segmentos temáticos, incluindo uma base de poços constituída por poços selecionados e poços representativos, pertencentes ao cadastro de poços do DAEE e subordinado ao do IG. A base dos selecionados abrange 3.539 poços com informação hidrogeológica confiável e distribuídos o mais homoganeamente possível, segundo os aquíferos, já a base dos representativos compreende 195 poços com as informações mais completas e com testes de bombeamento (Figura 12).

³ Para ter acesso completo ao Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, acesse <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2012/03/mapa-de-aguas-subterraneasdo-estado-de-sao-paulo-esca-la-11-000-000/>

Tabela 13 Quantidade de poços utilizados na elaboração do Mapa

Aquífero	Poços selecionados	Poços representativos
Bauru	676	69
Guarani	111	34
Tubarão	853	09
São Paulo	172	06
Taubaté	130	04
Litorâneo	60	04
Furnas	01	01
Serra Geral (basalto)	285	24
Serra Geral (diabásio)	49	-
Pré-Cambriano	1202	44
Total	3539	195

Fonte: Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, 2005.

Figura 12 Poços Cadastrados no SIDAS.

Fonte: Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo Diretrizes de Utilização e Proteção, 2013.

O Mapa de distribuição dos poços cadastrados foi elaborado a partir do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIDAS) da Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização (DPO) do Departamento de

Águas e Energia Elétrica (DAEE). Em todo Estado de São Paulo foram localizados 17.822 poços cadastrados no SIDAS, sendo que 62% deles estão inseridos na Bacia do Paraná, 26% no Embasamento Cristalino, 9% na Bacia de São Paulo e o restante (3%), na Bacia de Taubaté (SÃO PAULO, 2013). Em cerca de 290 municípios do Estado foi identificada densidade superior a 1 poço/km². Dentre esses municípios, destacam-se: Araraquara, Campinas, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São Carlos, São José do Rio Preto, São Paulo, Sorocaba, entre outros. A Figura 12 mostra a distribuição desses poços.

6 REGULACAO FEDERAL E ESTADUAL SOBRE ÁGUAS

6.1 Legislação federal de recursos hídricos

Como ressaltado por Xavier e Bezerra (2005, p. 7), a gestão integrada dos recursos hídricos precisa equilibrar a abordagem tecnológica dos problemas da água, tanto aqueles de natureza quantitativa e qualitativa, quanto os dentro da seara jurídica, regulatória e institucional. Políticas públicas nesse setor devem ser formuladas em prol do desenvolvimento sustentável, social e da proteção do meio ambiente, conforme preceito constitucional. As políticas de uso dos recursos hídricos precisam estar concatenadas às diversas políticas setoriais, como agrícola, uso do solo, saúde pública, geração de energia, abastecimento etc., enfim, com a transversalidade que leve em consideração os ecossistemas e as estruturas socioeconômicas (XAVIER e BEZERRA, 2005, p. 8).

De fato, o tema recursos hídricos encontra espaço na Constituição Federal de 1988.

São bens da União “*os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele prove-nham*” (art. 20, III), sendo todos os demais recursos hídricos superficiais e subterrâneos bens estaduais (art. 26, I).

A sua gestão é de competência da União (art. 21, XIX) e dos Estados. Entretanto, é de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a proteção ao meio ambiente e registrar, acom-

panhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (art. 23, VI e XI).

Do ponto de vista legislativo, é competência da União legislar sobre águas (art. 22, IV) e concorrente da União com os Estados legislar sobre “conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição” (art. 24, VI). Os parágrafos terceiro e quarto do art. 24 da Constituição Federal, apresentam a competência suplementar, que autoriza os Estados a complementar a legislação federal de competência concorrente, ou mesmo a disciplinar toda a matéria, no caso de ausência de lei federal.

Dessa maneira, registra-se que no país, em 1997, foi editada a Lei nº 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Essa norma traz no seu início (art. 1º) os fundamentos, que servem como arcabouço conceitual básico para os formuladores das políticas públicas, dentro os quais, destacam-se: i) a água é um bem de domínio público; ii) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; iii) em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; iv) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; v) a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; vi) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

No seu art. 2º, a Lei nº 9.433/1997 apresenta seus objetivos: i) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; ii) a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; iii) a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; iv) incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. Esse último inciso foi incluído pela Lei nº 13.501/2017.

E, o art. 3º traz as diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos: i) a gestão sistemática dos recur-

sos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; ii) a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; iii) a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; iv) a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional; v) a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo; vi) a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

A Lei ainda direciona a necessidade de a União articular-se com os Estados, tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum (art. 4º).

Assim, pode-se falar que os primeiros quatro artigos trazem as normas gerais e fundamentadoras que a Política Nacional irá se pautar, servindo como um esboço para o legislativo estadual.

A partir do Capítulo IV, a Lei traz os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, são eles: i) os Planos de Recursos Hídricos; ii) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; iii) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; iv) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; v) a compensação a municípios; vi) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Com isso, os artigos seguintes da Lei esmiuçam cada um desses instrumentos. Sendo assim, aqui se pontua, igualmente, tais instrumento em suas especificidades.

O art. 6º e seguintes tratam dos Planos de Recursos Hídricos, que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. Eles serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País (art. 8º).

Eles são planos de longo prazo e o seguinte conteúdo mínimo: i) diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; ii) análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; iii) balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; iv) metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; v) medidas a serem tomadas, programas a

serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas; viii) prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; ix) diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; x) propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Do ponto de vista do enquadramento dos corpos de água em classes, a Lei delega sua regulamentação para a legislação ambiental. De todo modo em termos conceituais o art. 9º traz os objetivos para o enquadramento dos corpos de água em classes, quais sejam: i) assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; ii) diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Assunto extremamente relevante é o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, cujo objetivo é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (art. 11).

Sendo assim, o art. 12 elenca a série de usos, veja: i) derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; ii) extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; iii) lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; iv) aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; v) outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Ainda existem previsões quanto à desnecessidade de outorga, nos termos de regulamentação: i) o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; ii) as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; iii) as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

A outorga de uso dos recursos hídricos deve preservar o uso múltiplo destes e está condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, bem como a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário.

O procedimento de outorga não é esmiuçado, mas a diretriz geral é a outorga por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal (art. 14), com possibilidade de delegação do Executivo Federal, quando de uso de recurso hídrico de domínio da União.

O art. 15 trata das hipóteses de suspensão parcial ou totalmente da outorga, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias: i) não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga; ii) ausência de uso por três anos consecutivos; iii) necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas; iv) necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental; v) necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas; vi) necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água.

O prazo da outorga é de no máximo trinta e cinco anos, com possibilidade de ser renovável (art. 16). E, o art. 18 reforça que a outorga não implica alienação parcial das águas, mas o direito de seu uso.

Em termos de cobrança, interesse observar que o art. 19 elenca objetivos que abarcam o conceito de valoração do uso de recursos hídricos: i) reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; ii) incentivar a racionalização do uso da água; iii) obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Na fixação dos valores, conforme art. 21, devem ser observados, dentre outros: i) nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; ii) nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

Considerando a aplicação de valores arrecadados, o art. 22 prescreve que devem ser direcionados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados: i) no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos; ii) no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesse último caso, limita-se a sete e meio por cento do total arrecadado.

Finalmente, destaca-se que os valores arrecadados a título de outorga poderão ser aplicados a fundo perdido em projetos e obras que alterem, de modo considerado benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo de água (§ 2º, art. 22).

O órgão responsável primordialmente pela gestão das águas no nível federal é a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Criada pela Lei nº 9.984/2000, é responsável tanto pelo atendimento aos objetivos e diretrizes da Lei nº 9.433/1997, quanto pelo cumprimento de etapas importantes do novo marco legal do saneamento básico, a Lei nº 14.026/2020, incluindo o abastecimento de água.

Conforme visto ao longo da Lei nº 9.433, a gestão dos recursos hídricos deve ser feita de forma descentralizada, congregando as diversas esferas do Poder Público envolvidas no sistema de recursos hídricos e meio ambiente (JUNIOR, 2021; XAVIER e BEZERRA, 2005).

Nessa linha, nos próximos itens, examinam-se as legislações dos estados de São Paulo e do Paraná para ao final se tecer considerações sobre a legislação e uso da água para exploração de gás não convencional.

6.2 Legislação do estado de São Paulo de recursos hídricos

No estado de São Paulo, a Política Estadual de recursos Hídricos foi estabelecida pela Lei nº 7.663/1991, que traz como diretrizes o uso prioritário para o abastecimento das populações, proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro e conservação e proteção das águas subterrâneas contra a poluição e super exploração (art. 4º, I, III e VI).⁴

Ainda nos termos dessa Lei, a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, e a execução de obras ou serviços que alterem seu regime, qualidade ou quantidade, dependerão de prévia manifestação, autorização ou licença dos órgãos e entidades competentes (art. 9º), sendo a outorga cabível

⁴ A Lei Estadual 6.134/88 dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo.

para a derivação ou utilização de recursos hídricos (art. 10). A outorga é detalhada e regulada pelo Decreto 63.262/18.

O órgão responsável pelo planejamento da gestão de recursos hídricos e por emitir outorgas no Estado é o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos é estabelecido pela Lei nº 16.337/2016, que dividiu o estado de São Paulo em 22 (vinte e duas) unidades hidrográficas denominadas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs)⁵.

Nessa sistemática de gestão das águas têm relevância os Comitês de Bacias Hidrográficas, órgãos colegiados (com representantes do poder público e da sociedade), consultivos e deliberativos de nível regional (art. 37 e §§ da Lei nº 9.433/1997). Em São Paulo, compete aos Comitês, dentre outras atribuições, aprovar a proposta do plano de utilização, conservação, proteção e recuperação dos recursos hídricos da unidade de gerenciamento de recursos hídricos, em especial o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderantes (art. 26).

Registre-se que o Comitê de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema, em 2014, emitiu manifestação contrária ao início de qualquer trabalho visando à exploração de gás não convencional (gás de folhelho) no âmbito da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (UGRHI-22 – Pontal do Paranapanema) – Moção CBH-PP 4/14. Tal UGRHI estaria próxima ao Bloco PART-T-218.

Dentre outras normas de interesse para o tema, tem-se a Lei Estadual nº 12.183/2005, que disciplina a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do estado de São Paulo, e a Resolução SIMA nº 86/2020, que regulamenta os procedimentos para a integração das autorizações, alvarás de licenças e licenças ambientais com as outorgas, declarações e cadastros de uso e interferências em recursos hídricos.

⁵ Mapa disponível em: http://www.igc.sp.gov.br/produtos/arquivos/IGC_UGRHI_2014.jpg

6.3 Legislação do estado do Paraná de recursos hídricos

No estado do Paraná, a Política Estadual de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei nº 12.726/1999, que estabelece o uso múltiplo das águas como um objetivo da gestão dos recursos hídricos (art. 2º, IV).

Tal Lei disciplina a outorga de direitos de uso de recursos hídricos cabível para captação ou extração de água superficial ou subterrânea para insumo de processo produtivo e outros usos e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água ou o leito e margem de corpos de água (art. 13, I, II e VI). A outorga é regulamentada pelo Decreto nº 9.957/2014 (SUDERHSA, 2006).⁶

O órgão responsável pelo planejamento da gestão de recursos hídricos e por emitir outorgas no Estado é o Instituto Água e Terra (Lei nº 20.070/2019).

A Lei nº 12.726/1999 estabelece um Capítulo para a proteção dos depósitos de águas subterrâneas (Capítulo VII – art. 26 e §§). Prevê expressamente que a implantação de projetos de irrigação ou de outros, que dependam da utilização de águas subterrâneas ou que sobre elas possam causar impacto relevante, deverá ser precedida de estudos hidrogeológicos para avaliação do potencial de suas reservas hídricas e para o correto dimensionamento das vazões a serem extraídas. sujeitos à prévia aprovação dos órgãos competentes (art. 28).

Como órgãos de destaque na gestão de recursos hídricos no estado do Paraná tem-se o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/PR) e os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH).

6.4 Procedimentos em tese aplicáveis para poço piloto

Considerando o exposto, independentemente do licenciamento ambiental da atividade de perfuração, o uso (e mesmo o reuso) da água obedecerá a procedimentos e regras próprias.

Em princípio, de forma geral, a captação ou a derivação de água necessária para a perfuração horizontal depende da outorga de uso de recursos hídri-

⁶ A respeito, veja-se também o Manual Técnico de Outorgas da SUDERHSA. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/manual_outorgas_suderhsa_2006.pdf

cos, que avaliará especialmente a disponibilidade hídrica e a possibilidade de captação. O órgão competente para a concessão da outorga variará conforme o local da captação (i.e., se de um corpo hídrico federal ou estadual)⁷.

6.5 Da regulamentação da ANP sobre uso de água

A título de esclarecimento, a Resolução ANP nº 21/2014 define no art. 3º o que se segue:

Art. 3º O Sistema de Gestão Ambiental deverá conter um plano detalhado de controle, tratamento e disposição de Efluentes Gerados provenientes das atividades de perfuração e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.

Parágrafo Único. A água utilizada deverá ser preferencialmente Efluente Gerado, água imprópria ou de baixa aceitação para o consumo humano ou dessedentação animal, ou água resultante de efluentes industriais ou domésticos, desde que o tratamento a habilite ao uso pretendido.

Percebe-se, então, uma diretriz desde logo sobre qual o tipo de recurso hídrico desejado para a realização do fraturamento no país, isto é, a Agência Reguladora recomendando a utilização de efluentes.

No art. 7º dessa Resolução, ainda, tem-se que:

Art. 7º Para que a ANP aprove o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, o Operador deverá garantir, por meio de testes, modelagens, análises e estudos, que o alcance máximo das fraturas projetadas permaneça a uma distância segura dos corpos hídricos existentes, conforme as Melhores Práticas da Indústria do Petróleo.

§ 1º Fica vedado o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional em poços cuja distância seja inferior a 200 metros de poços de água utilizados para fins de abastecimento doméstico, público ou industrial, irrigação, dessedentação de animais, dentre outros usos humanos.

Dessa forma, através da redação desse artigo, é possível refletir especificidades e atenção dada à segurança em relação às operações de perfuração de poço que poderão interferir no uso de corpos hídricos e, até mesmo, quanto à garantia de não contaminação desses recursos.

⁷ A respeito, estão em funcionamento as salas de crise da hidrovía Tietê-Paraná e do Paranapanema (vide: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/eventos-criticos>. Acesso em: 20 abr. 2021).

6.6 Ponderações legais de uso de águas no fraturamento

Assim, para fins de reflexão, traça-se o seguinte:

1. Paraná: a Lei nº 19.878/2019, que proíbe a exploração do gás não convencional no estado do Paraná pelo método de fratura hidráulica – *fracking* é um impeditivo para a realização de atividades nesse setor, o que inclui o uso da água. Qualquer modificação nessa linha, terá que passar pelo legislador estadual.
2. A rigor, a construção do poço, o que inclui a cimentação e revestimento, dentre outros, para a realização do fraturamento, sem atingir lençóis freáticos, no que tange ao uso do recurso hídrico não exige outorga. Existe o risco de poluição dos lençóis freáticos, o que demanda toda uma segurança operacional para minimizar tal ocorrência.
3. Como não existe legislação específica para tratar do uso da água no fraturamento hidráulico no país, a legislação a ser aplicada é a geral, ou seja, Lei nº 9.433/1997 e as leis estaduais dos locais onde o poço piloto esteja planejado. Com isso, enxerga-se que os procedimentos de uso da água aplicáveis devem prever também a participação dos Comitês de Bacias Hidrográficas.
4. A Regulamentação da ANP serve como diretriz para ampliar os aspectos legais do uso dos recursos hídricos, sobretudo, focalizando no respeito à Lei nº 9.433/1997 e seus princípios, não obstante, a agenda desse assunto pode ser ampliada para tratar os riscos aqui citados de modo apropriado.

7 GERENCIAMENTO DE ÁGUAS EM PAÍSES QUE PRODUZEM A PARTIR DE RESERVATÓRIOS NÃO CONVENCIONAIS

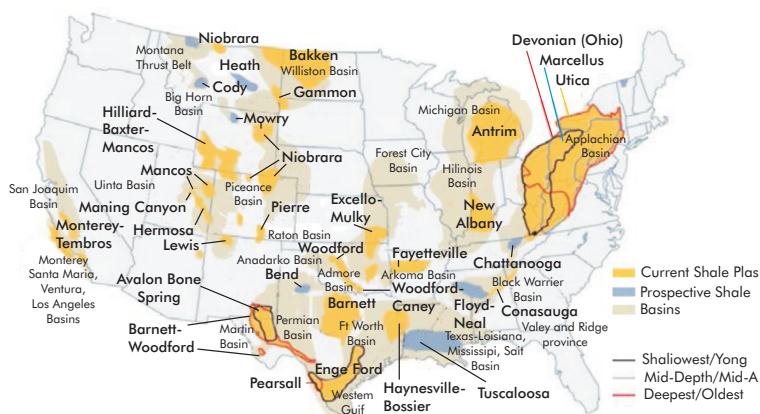
Neste item, apresentaremos como é feito o gerenciamento de águas em alguns países que produzem gás de folhelho usando o fraturamento hidráulico. Para tanto, escolheu-se abordar as experiências dos Estados Unidos e da Argentina, países onde a exploração de reservatórios não convencionais está mais desenvolvida.

7.1 Estados Unidos

A exploração de reservatórios de folhelhos nos Estados Unidos teve início em 1821, no estado de Nova Iorque, cujo gás natural produzido era usado na iluminação da cidade de Fredonia (GROUND WATER PROTECTION COUNCIL, 2009). Houve alguma exploração nas décadas de 20 e 30, mas que não apresentaram economicidade (GROUND WATER PROTECTION COUNCIL, 2009). Com a crise de petróleo dos anos 70, o governo americano incentivou a pesquisa no desenvolvimento de avanços tecnológicos na exploração de gás de folhelho (TAIOLI, 2013). Tal iniciativa propiciou a disponibilização da perfuração horizontal e a do hidrofraturamento, entre outras técnicas. Mas foi só no início do século XXI em que houve um crescimento vertiginoso da aplicação do fraturamento hidráulico nos EUA. A produção de gás de folhelho correspondia a 1% da produção nacional total de gás natural nos EUA em 2000. Em 2010, esta participação subiu para 20% (STEVENS, 2012).

Várias bacias sedimentares nos EUA são reconhecidas como fontes de gás de folhelho, conforme mostra a Figura 13. Estima-se que os recursos tecnicamente recuperáveis de gás de folhelho dos EUA sejam da ordem de 10 trilhões de m³ (353 trilhões de ft³) em dezembro de 2019, chegando a quase 70% do total de gás natural (US EIA, 2021a).

Figura 13 bacias de gás de folhelho nos EUA, com números de poços e de plataformas.



Fonte: Goodman (2018).

Atualmente, há 13 estados americanos que produzem o gás de folhelho utilizando o fraturamento hidráulico (US EIA, 2021b). A produção total de gás natural nos EUA chegou a 1.158 bilhões de m³ em 2019. O gás de folhelho correspondeu a 786,4 bilhões de m³, aproximadamente 68% do total (US EIA, 2021c). A Tabela 14 mostra os principais estados produtores de gás de folhelho nos Estados Unidos, em 2019.

Tabela 14 Principais estados produtores de gás de folhelho nos Estados Unidos em 2019

Estado	Bilhão de m ³
Texas	210,68
Pensilvânia	192,05
Ohio	72,43
Luisiana	71,30
Virgínia Ocidental	54,11
Oklahoma	42,45
Novo México	31,18
Dakota do Norte	29,53
Arkansas	13,34

Fonte: US EIA, 2021b

Assim, a análise do gerenciamento de águas se concentrará nos estados do Texas e da Pensilvânia, os maiores produtores de gás natural de reservatórios não convencionais dos EUA.

A propriedade dos recursos minerais nos EUA é do dono da parcela de terra em que se encontra, podendo pertencer a um indivíduo, a empresas, a tribos indígenas, a municipalidades, estados ou o governo federal (COSTA e ARLOTA, 2019; LOWE, 2014). O governo federal americano detém cerca de 39,8 % da área total terrestre continental do país (FITZGERALD *et al.*, 2014). A propriedade dos estados americanos varia de estado a estado. O Texas, por exemplo, apresenta poucas propriedades estaduais e federais em seu território (ARAÚJO, 2016). Um apanhado mais detalhado sobre os direitos de propriedade aplicáveis ao regime de exploração de petróleo e gás nos EUA é apresentado por Costa e Artola (2019), que se estende à exploração do gás de folhelho.

A maioria dos riscos associados à exploração do gás de folhelho não é específica, sendo parte integrante de qualquer operação de perfuração de poços de petróleo e gás.

Contudo, a maior diversidade de produtos químicos, o volume de água captada consideravelmente superior e a maior pressão exercida sobre o tubo de revestimento do poço, conferem à operação de gás de folhelho uma gestão de risco mais apurada (KANSAL, 2012; ARAÚJO, 2016).

O ciclo da água empregada no fraturamento hidráulico compreende a sua retirada de uma fonte superficial ou subterrânea. Em seguida há o processo de mistura com o propante (normalmente areia) e compostos químicos. Esta mistura é então injetada no poço a alta pressão (entre 2.000 e 12.000 psi) quando há o fraturamento da rocha alvo. O óleo e gás liberados da formação são levados até a superfície com um efluente líquido (mistura de fluido de fraturamento hidráulico com água de formação e produtos de transformação química), que é chamado de água de retorno, também conhecida como “*flowback*”. A etapa seguinte é dar o destino para este efluente líquido (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016).

As três principais fontes de água para fraturamento hidráulico nos EUA são águas superficiais (ou seja, rios, córregos, lagos e reservatórios), águas subterrâneas e águas residuais de fraturamento hidráulico reutilizadas. A opção de coleta de água vai depender de sua disponibilidade no entorno da locação e de leis e regulações federais e estaduais pertinentes. Em 2010, 58% do consumo americano de água potável provinha de mananciais superficiais e 42% de recursos subterrâneos. Conforme dados de 2010, a maioria da população (86%) nos EUA depende de suprimento de água potável de sistemas públicos (MAUPIN *et al.*, 2014).

Existe um grande arcabouço legal federal que impacta a gestão de água na atividade de exploração de gás de folhelho, que inclui a Lei da Água Potável (*Safe Drinking Water Act* – SDWA), a Lei da Água Limpa (*Clean Water Act* – CWA), a Lei de Recuperação e Conservação de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act* – RCRA), entre outras.

A Lei da Água Potável (SDWA), promulgada em 1974, visa proteger a qualidade da água potável nos EUA. Ela estabelece níveis máximos de contaminantes na água potável e seu respectivo controle e supervisão. Inclui também os recursos hídricos subterrâneos, o que tem influência

na operação de fraturamento hidráulico, quando se pensa no descarte da água produzida em poços de injeção subterrâneos.

A Lei da Água Limpa (CWA), criada em 1970, regulamenta o descarte de poluentes nas águas superficiais nos EUA e determina os seus padrões de qualidade. Ela autoriza a Agência de Controle Ambiental dos Estados Unidos (*US Environmental Protection Agency – US EPA*) a implantar programas de controle de poluição para definir padrões de águas residuais para a indústria e estabelecer normas de qualidade de água para todos os contaminantes em corpos hídricos de superfície. A CWA também dispõe sobre a gestão de descarte de efluentes gerados durante a construção e operação de poços de petróleo e gás e exige das operadoras licenciamento. Proíbe o descarte de poluentes em corpos d'água sem obtenção de uma autorização, o que pode incluir o descarte da água de retorno (KANSAL, 2012; ARAÚJO, 2016).

O programa de licenciamento *National Pollutant Discharge Elimination System* (NPDES), criado em 1972 pela Lei da Água Limpa, controla os descartes de fontes pontuais em corpos d'água superficiais. Ele tem a autorização da US EPA para que os governos estaduais realizem muitos aspectos de licenciamento, administrativos e de fiscalização do programa (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2021). Os locais de produção de gás natural ou instalações comerciais que lidam com o descarte ou tratamento de água de retorno na extração de gás devem obter licenças se pretendem descartar este diretamente em águas superficiais (MOKHATAB e POE, 2012).

No Texas, a US EPA emite licenças NPDES em terras tribais e em águas federais na costa do Golfo do México. Todas as outras licenças são emitidas pela *Texas Commission on Environmental Quality*. Na Pensilvânia, a US EPA delegou a emissão das licenças da NPDES ao *Pennsylvania Department of Environmental Protection* (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2021).

Nos últimos anos, a US EPA aprovou várias normas e políticas sob a CWA mirando diretamente as atividades de exploração e produção de óleo e gás e do fraturamento hidráulico (WATSON, 2012). O Congresso americano isentou certos aspectos das atividades de petróleo e gás da proteção da CWA. Entre os aspectos isentados, está a não necessidade dos

operadores de obter autorização para descargas de águas pluviais não contaminadas de operações de exploração, produção, processamento ou tratamento de petróleo e gás ou instalações de transmissão. Esta isenção se aplica quando o escoamento não é contaminado pelo contato com matérias-primas ou resíduos (MOKHATAB e POE, 2012).

A Comissão Ferroviária do Texas (*Texas Railroad Commission*) tem jurisdição sobre todos os poços de petróleo e gás no estado, enquanto a Comissão da Qualidade Ambiental do Texas (*Texas Commission on Environmental Quality*) se limita à regulação da qualidade do ar e da apropriação e utilização de águas superficiais, além da emissão de licenciamento (BRADY, 2012).

Em muitos estados americanos há regulação que restringe o local onde os poços serão instalados e exigência de análises da água subterrânea que se encontra na influência da operação de perfuração, antes do seu início. O afastamento do poço de gás não convencional em relação a corpos d'água é amplamente regulado (ARAÚJO, 2016).

No estado de Pensilvânia, a Lei nº 58, seção 3215, estabeleceu que os poços de gás não convencional não podem ser perfurados a menos de 500 pés (152,4 metros) de distância de um edifício ou poço artesiano de água, medidos horizontalmente a partir do poço vertical, sem o consentimento por escrito dos respectivos proprietários. Porém, há limitações, como por exemplo, a de não permitir a perfuração de poço não convencional a menos de 300 pés (91,44 metros) de qualquer área alagada (*wetland*) maior que um acre de dimensão. Para áreas alagadas inferiores a um acre o limite da área perturbada pela locação da perfuração deve manter um recuo de no mínimo 100 pés (30,48 metros) do limite da área alagada (PENNSYLVANIA GENERAL ASSEMBLY, 2021). Já o estado do Texas não regula o recuo do poço de gás não convencional em relação a qualquer fonte de recurso hídrico (ARAÚJO, 2016).

O estado da Pensilvânia não exige formalmente laudo de análise de água subterrânea na área de influência de um poço de perfuração, para atividades de óleo e gás, antes do início do desenvolvimento. Contudo, a maioria dos operadores locais fazem os testes de qualidade que são cobertos pela legislação local. Isto permite que possam se defender em futuras ações legais sobre suposta contaminação das águas subterrâneas causada

por sua operação. Em relação ao Texas, não foi encontrada qualquer regulamentação exigindo laudo para corpos d'água, de um modo geral (ARAÚJO, 2016).

A maioria dos estados americanos estabelece um mínimo obrigatório para a profundidade do revestimento e cimentação do poço de produção, mas alguns estados avaliam caso a caso ou optam por regulação baseada em desempenho. Este é o caso do estado do Texas que exige a garantia de que a cimentação seja suficiente para evitar a migração de fluidos para águas subterrâneas (ARAÚJO, 2016). A Pensilvânia exige cimentação de 50 pés (15,24 m) abaixo da água subterrânea potável mais profunda (CASETEXT, 2021).

O Texas e Pensilvânia exigem no poço revestimento de superfície, e a camada mais externa do revestimento deve ser cimentada em todo percurso até a superfície, o que corresponde à recomendação do *American Petroleum Institute* (ARAÚJO, 2016).

Captação de água de superfície e subterrânea para fraturamento hidráulico é regulada na maioria dos estados americanos. A Pensilvânia exige autorização para qualquer captação de água para fraturamento. É exigido do operador a elaboração de um plano de gestão da água que deve ser apresentado ao Departamento Estadual de Proteção Ambiental (*Department of Environmental Protection* – DEP). Este plano deve apresentar o ciclo de vida completo da água utilizada na produção do gás de folhelho, o local e a quantidade média diária retirada, análise do impacto da captação do corpo d'água e inventário das diversidades naturais do local da retirada. O plano só será aprovado pelo DEP se o operador demonstrar que a retirada do recurso hídrico para a operação de faturamento hidráulico não afetará negativamente a quantidade e qualidade da água no manancial. O estado do Texas exige uma autorização para a captação de água de superfície, mas não de recursos hídricos subterrâneos. Exige também relatório do volume total de água utilizada (ARAÚJO, 2016).

Na maioria dos estados americanos, salvo em poucos casos, o volume de água utilizado no fraturamento hidráulico é relativamente pequeno se comparado ao uso e disponibilidade totais (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016). Segundo a US EPA (2016), o leste americano é mais dependente de fontes de água de superficiais que o oeste árido e

semiárido, onde o suprimento de água é oriundo tanto por mananciais subterrâneos como superficiais.

Um tema de muita controvérsia nos EUA é sobre a divulgação de informações das composições dos fluidos de fraturamento utilizados. A Lei de Água Potável (SDWA) autoriza os estados a regularem a injeção subterrânea de fluidos, sob a supervisão da US EPA. A aplicação da SDWA para fluidos de fraturamento requer inspeção, monitoramento de registro e relatórios por parte dos reguladores estaduais, o que na prática exigiria a divulgação da composição do fluido de fraturamento. A emenda de 2005 à SDWA exclui os fluidos de fraturamento destas exigências. Contudo, muitos estados têm divulgados as informações sobre a composição em um banco de dados na internet – FracFocus – que foi financiado pelo Departamento de Energia americano (FRACFOCUS, 2021). O Texas e a Pensilvânia exigem algum tipo de divulgação sobre a formulação do fluido de fraturamento. A Pensilvânia obriga a divulgação do percentual do volume de cada um dos aditivos usados na perfuração. O Texas foi o primeiro estado dos EUA a impor a publicação pública no site FracFocus, com exceção de algumas informações confidenciais, para todos os poços com licença de perfuração emitida a partir de 1 de fevereiro de 2012 (NEGRO, 2012, ARAÚJO, 2016).

A Lei de Água Limpa exige licenças para descarte de efluentes líquidos gerados para os operadores de gás de folhelho, sendo que as normas são geralmente implantadas por agências estaduais. O Texas segue as diretrizes da US EPA, requerendo licença para os operadores, conforme requisitos da SDWA (WISEMAN, 2012; ARAÚJO, 2016). O estado da Pensilvânia diferencia os corpos d'água que podem ser impactados por descarte de efluentes líquidos.

Tanto o Texas como a Pensilvânia têm regulamentos que exigem que os líquidos efluentes gerados nas operações de exploração e produção de gás não convencional sejam armazenados temporariamente até a definição do seu destino. O *flowback*, a água produzida e os vazamentos de fluidos de fraturamento são as correntes prioritárias a serem armazenados. Existem diversos sistemas de armazenamento disponíveis para os operadores, variando de estado a estado, e dependendo do tipo e composição do efluente líquido. Os fluidos são mais comumente armazenados em tanques fechados ou em lagoas de contenção abertas.

Texas e Pensilvânia regulam e orientam como as lagoas de contenção devem ser construídas. Os itens regulados variam para cada estado, sendo os mais importantes a borda livre e a impermeabilização do fundo (ARAÚJO, 2016).

O estado da Pensilvânia exige uma borda livre de no mínimo de 2 pés (61 cm), suficiente para prevenir transbordamento por causa de chuva. Já o Texas não apresenta aparentemente uma regulação sobre este assunto (ARAÚJO, 2016).

Alguns estados estabeleceram padrões de desempenho quanto ao desempenho da condutividade hidráulica do fundo da lagoa de contenção. O estado da Pensilvânia estabelece que a condutividade hidráulica não deva ser superior à 1×10^{-7} cm/segundo (PA Code §78.56). O Texas regula a impermeabilização em seus processos de licenciamento (Texas RRC, S.D.). A API estabeleceu um guia de melhores práticas para armazenamento temporário de efluentes em lagoas de contenção que leva em conta o tipo de líquido, tempo de armazenamento e as características do solo, o que pode levar a necessidade de colocação de uma manta impermeável para evitar infiltração no subsolo (API, 2010).

Há diversas opções de descarte de resíduos líquidos do faturamento hidráulico. Um deles é o descarte em poços de injeção subterrâneos Classe II, dentro de uma classificação estabelecida pela US EPA para poços sumidouros, o que é permitido tanto no Texas como na Pensilvânia.

O reuso do efluente líquido é uma opção que tem sido usado relativamente pouco nos EUA. Um levantamento de literatura realizado em 10 estados, bacias ou “plays”, mostrou que o reuso foi empregado em torno de 5% das perfurações, entre 2008 e 2014. (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016).

Recentemente houve um incremento do reuso de *flowback* na Pensilvânia devido à escassez de poços Classe II no estado e ao alto custo do transporte do efluente para poços Classe II no estado vizinho de Ohio. Os poços Classe II, empregados na injeção de rejeitos líquidos associados a atividades da indústria de óleo e gás, são regulados pelo *Underground Injection Control Protocol Program of the Safe Drinking Water Act*. Em 2013, 90 % do efluente do fraturamento hidráulico dos poços de gás da formação Marcellus, na Pensilvânia, foi usado em outras operações de fraturamento

(US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016). Este quadro é bastante diferente no Texas, onde a existência de grande disponibilidade de poços Classe II não incentiva o reuso do efluente.

Segundo Scanlon *et al.* (2020), as projeções para os principais reservatórios não convencionais localizados em climas semiáridos dos Estados Unidos, estima-se a geração de volumes maiores de água de retorno do que aqueles que poderiam ser necessários para serem reutilizados em novos estágios de fraturamento ou para o desenvolvimento de novos poços não convencionais. Portanto, é altamente necessário analisar o reaproveitamento em outros setores produtivos e não apenas no setor de energia, considerando também que a injeção em poços tem uma limitação de tempo e espaço.

Além da injeção de efluente do fraturamento hidráulico em poços Classe II e do seu reuso, existem sistemas de tratamento de efluentes que estão sendo cada vez menos usados em função de dificuldade de enquadramento do líquido tratado às regulações restritivas quanto à qualidade de água em diversos estados americanos. O Departamento de Proteção Ambiental da Pensilvânia solicitou em 2011 que os operadores não enviassem mais os efluentes de operação de fraturamento hidráulico para as estações públicas de tratamento, seguindo recomendação da US EPA (WISEMAN e GRADIJAN, 2011).

O Texas permite que águas residuais sejam descartadas em águas superficiais, sob determinadas condições, após a avaliação caso a caso pelas autoridades. O descarte dos efluentes líquidos pode ser aplicado em solo, desde que o fluido e o cascalho de perfuração sejam a base água e com teor de cloreto inferior a 3.000 mg/L (ARAÚJO, 2016). Já o estado da Pensilvânia permite que todos os cascalhos de perfuração sejam eliminados por meio de aplicação em solo (*land application*) (ARAÚJO, 2016), desde que se respeite distância mínima em relação a corpos d'água superficiais, a fontes de suprimento de água e construções. Outras condicionantes para a sua aplicação são o teor de salinidade do cascalho, a profundidade de mananciais de água subterrânea no entorno, tipo de solo, entre outras (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2019).

Quanto à prevenção de vazamentos em solo, a legislação do estado da Pensilvânia exige que o operador estabeleça programas que envolvam medi-

das se prevenção e plano de contenção em caso de vazamento. A legislação do Texas não especifica medidas de prevenção e controle (ARAÚJO, 2016).

As outras opções para disposição do efluente do fraturamento hidráulico são o dique de armazenamento/evaporação e o dique de percolação. Os impactos sobre os recursos hídricos subterrâneos e superficiais pelo emprego destas opções na indústria de petróleo e gás já foram documentados. Por exemplo, Kell (2011) relatou sessenta e três incidentes de contaminação de água de abastecimento por diques sem revestimento ou construídos inadequadamente em Ohio, entre 1983 e 2007. Kell (2011) relatou também no Texas cinquenta e sete incidentes de contaminação de águas subterrâneas por diques de percolação de água produzida sem revestimento, antes de 1984. Os impactos desses casos incluíram a detecção de compostos orgânicos voláteis em águas subterrâneas, efluentes atingindo recursos hídricos superficiais por transbordamento de diques e efluentes alcançando aquíferos por falhas de revestimento. Com base nos impactos documentados sobre os recursos hídricos subterrâneos de diques sem revestimento, muitos estados americanos implantaram regulamentos que proíbem diques de percolação ou diques de armazenamento sem revestimento para águas residuais de fraturamento hidráulico ou de óleo e gás em geral.

As municipalidades mais diretamente impactadas pelos benefícios e riscos das atividades de faturamento hidráulico dispõem de autoridade reguladora local limitada. Elas ficam confinadas ao arcabouço regulatório federal e estadual para o desenvolvimento das atividades de produção de gás não convencional (ARAÚJO, 2016). Podemos afirmar que os estados desempenham um papel primordial na regulação do desenvolvimento da exploração e produção de gás de folhelho nos Estados Unidos. A tese de Araújo (2016) apresenta um quadro amplo da estrutura regulatória federal, estaduais e municipais ligado ao desenvolvimento de gás não convencional nos Estados Unidos.

O conjunto de investigações realizadas nos EUA sobre *fracking* mostra quais são os pontos de maior risco ambiental, mas tem prevalecido a conclusão de que os danos dependem mais da negligência humana do que da própria técnica. (VILLENNA, 2020). Se as perfurações estiverem bem conduzidas e houver um correto manuseio dos fluidos e resíduos, não deve haver mais risco nesta atividade do que em qualquer outra, como a agricultura ou a indústria urbana (VILLENNA, 2020).

7.2 Argentina

A Constituição da Argentina de 1994 estabeleceu que “corresponde às províncias o domínio original dos recursos naturais existentes no seu território”. Mas só foi regulamentada com a promulgação da Lei nº 26.197/2007, que restaurou a propriedade para as províncias dos depósitos de hidrocarbonetos, até então, sob a jurisdição do Congresso Nacional argentino (IAGP, 2019; DÉCIMA, 2020). As províncias argentinas têm também poderes para exercer as atividades de controle e fiscalização de autorizações e concessões, exigir o cumprimento das obrigações de investimento, exploração e aproveitamento racional dos recursos bem como a extensão dos termos legais e/ou contratuais (DÉCIMA, 2020).

No território argentino, há 24 bacias sedimentares, sendo que 5 delas produzem petróleo e gás natural: Noroeste, Cuyana, Neuquina, Golfo San Jorge e Austral (Figura 14). Em 2018, a Bacia Neuquina tornou-se a principal produtora de gás natural na Argentina, superando a Bacia Noroeste (EPE, 2020).

As reservas provadas de gás natural na Argentina são da ordem de 346 bilhões de metros cúbicos (BP, 2019). O gás natural é a principal fonte de energia primária na Argentina, correspondendo a 58 % da oferta em 2019 (ARGENTINA, 2019a). A geração de eletricidade no país tem o gás natural como o seu principal combustível, responsável por 67 % do total do consumo nas centrais elétricas, em 2018 (ARGENTINA, 2019a).

A produção total de gás natural na Argentina em 2020 foi de 45.096 milhões de m³, uma queda de 8,6 %, em relação ao ano precedente. O gás natural não convencional, que compreende o de folhelho e o *tight gas*, teve uma queda de produção de 4,8 % em relação a 2019, ficando em 19.331 milhões de m³ (42,8 % do total). A taxa média de crescimento anual da produção do gás não convencional foi de 23,4 %, entre 2015 e 2020 (SWIS-SINFO, 2021; IAE GENERAL MOSCONI, 2021).

O gás de folhelho é encontrado principalmente nas seguintes formações: Los Monos (Bacia Noroeste); Vaca Muerta e Los Moles (Bacia Neuquina); Cacheuta (Bacia Cuyana); D-129 e Aguada Bandera (Bacia Golfo San Jorge) e Inoceramus (Bacia Austral) (IAPG, 2020). Em função de preponderância da província de Neuquén no desenvolvimento de recursos não convencionais na Argentina, o presente relatório focará a gestão dos

recursos hídricos apenas nessa província, basicamente na formação de Vaca Muerta, cuja produção diária chegou a 35 milhões de m³, em 2019 (NEWBERY, 2019).

Figura 14 Bacias sedimentares argentinas produtoras de petróleo e gás natural



Fonte: (EPE, 2020).

A formação de Vaca Muerta se encontra predominantemente na província de Neuquén, mas que se estende também para as províncias de Río Negro, La Pampa e Mendoza, com uma extensão de cerca de 30.000 quilômetros quadrados (Figura 15). Nela se encontra o segundo recurso não convencional de gás do mundo.

A província de Neuquén possui uma importante rede hidrográfica. A maior parte da superfície é árida, com precipitação média anual inferior a 200 mm (SECRETARIA DE MINERÍA DE LA NACIÓN DE LA ARGENTINA,

2015), rios alóctones, que se alimentam na cordilheira, com um longo canal sem afluentes até desaguar no oceano. Pela magnitude das vazões e pela qualidade das suas águas, as bacias hidrográficas da província podem ser consideradas as mais importantes do país, com águas inteiramente nacionais.

Figura 15 Mapa da Formação de Vaca Muerta.



Fonte: (<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/vaca-muerta/mapas>)

A província de Neuquén promulgou o Código de Águas (Lei nº 899), em 1975, que estabeleceu que as águas da província são bens públicos, seja os rios que nascem e morrem dentro dos limites provinciais, os lagos navegáveis e seus leitos, entre outras categorias. Ela também estabelece que ninguém pode utilizar água da rede pública para usos especiais, sem ser titular de licença ou concessão. É entendido por “usos especiais” e em ordem de importância – que também são de prioridade para sua concessão: (a) abastecimento de populações; (b) irrigação; (c) usos terapêuticos e

térmicos; (d) usos industriais; (e) energia hidráulica; (f) lagoas e piscinas. A água que corre por canais naturais e públicos é de uso comum, para usos domésticos normais. Quando o uso é para fins econômicos, estarão sujeitos a autorizações prévias ou autorizações da Diretoria de Água da Província de Neuquén (GOBIERNO DA LA REPÚBLICA ARGENTINA, 2021a).

Em 2008 a Lei nº 2600 da província de Neuquén institui que as empresas que atuam na Província, sediadas ou não em seu território, que desenvolvem atividades investigação, de exploração, perfuração, exploração, armazenamento e/ou transporte de hidrocarbonetos líquidos ou gasosos devem obter o “Certificado de Aptidão Ambiental da Atividade de Hidrocarbonetos”. A lei visa maximizar as medidas de salvaguarda e proteção ambiental no campo das atividades de hidrocarbonetos próprias e/ou relacionadas. O certificado é renovado anualmente (DUFILHO e SAMARUGA, 2021 FGV). Deve ser elaborado também um “Relatório de Monitoração Ambiental Anual” e apresentar um “Plano de Gestão Ambiental Anual” e um “Estudo Ambiental de Base da Área de Concessão”, este último, similar ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Brasil. Os Estudos Ambientais de Base devem incluir todos os aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos da área de concessão juntamente com a avaliação da erosão hídrica e eólica dos solos, risco aluvial, vulnerabilidade de aquíferos, sensibilidade ambiental e plano de monitoração mitigação e contingências (DUFILHO e SAMARUGA, 2021 FGV).

Para a extração de hidrocarboneto não convencional em Neuquén, o Decreto nº 1.483/2012 estabelece o uso obrigatório de consumo de água de fontes superficiais – lagos, rios, arroios e/ou canais, devidamente autorizado pela Subsecretaria de Recursos Hídricos, vedando o uso de águas subterrâneas, que será preservado para consumo humano e irrigação. Em todos os casos, as captações de água são limitadas, não podendo a vazão capturada exceder 50% da vazão total do corpo d’água superficial (GOBIERNO DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN, 2018).

O volume médio de água necessário para o faturamento é relativamente alto, em torno a 1.000 a 1.500 m³ por faturamento, e variando entre 30 mil e 70 mil m³ por poço (DUFILHO e SAMARUGA, 2021 FGV). Em 2017, havia cerca de 400 poços explorando gás de folhelho operando na província de Neuquén (DUFILHO, 2020).

O Decreto nº 1.483/2012 da província não permite, sob nenhuma condição, o descarte de água de retorno da atividade de fraturamento hidráulico em corpos d'água superficiais. Também estabelece que o *flow-back* deva ser submetido, em sua totalidade, a um sistema de tratamento que enquadre seus parâmetros de descarga de acordo com o que estabelece a legislação local e federal. A água tratada poderá ser: (a) reusada na indústria de óleo e gás; (b) reusada em projetos produtivos ou de recomposição ambiental; ou (c) disposta em poços de descarte (DÉCIMA, 2020).

Segundo a Secretaria de Desenvolvimento Territorial e Ambiente da província de Neuquén, foram gerados 1.288.304 m³ de água de retorno (*flowback*) em toda a província, em 2018 (MÁS ENERGÍA, 2020).

A água de retorno pode ser usada na recuperação secundária de petróleo (*enhanced oil recovery* – EOR). Para tanto, o operador deve pedir autorização ao órgão de recursos hídricos da província para utilizar o *flow-back* oriundo de uma operação de produção de gás de folhelho. Se esse efluente precisar ser transportado será necessário gerar um

“manifesto de transporte”, mecanismo que permite o acesso à rastreabilidade e destinação daquela substância (MÁS ENERGÍA, 2020).

Em princípios de 2020, havia 57 poços de descarte em operação na província de Neuquén, de um total de 155 perfurados para este fim. O Regulamento nº 12/29 da província de Neuquén estabelece como deve ser construído um poço de descarte (MÁS ENERGÍA, 2020).

Os requisitos mínimos exigidos pelas autoridades da província de Neuquén para a emissão de uma autorização de injeção de água de retorno em poços são os seguintes (GOBIERNO DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN, 2018):

- Integridade física do poço: perfil de cimentação que demonstra boa aderência do cimento nas cotas puncionadas, na cota determinada como vedação e no Grupo Neuquén ou níveis aquíferos equivalentes (não superior a 5 anos); perfil de corrosão que demonstra a integridade e espessura da tubulação (não mais de 5 anos); testes de estanqueidade que demonstram a estanqueidade do poço (não mais de 1 ano); perfil de trânsito de fluido que mostra que o fluido injetado entra apenas nos níveis pretendidos (não mais do que 1 ano).

- Características geológicas: características da formação de injeção (litologia, porosidade, permeabilidade, pressões admissíveis – *step rate test*, espessura, gradiente de fratura etc.); características da formação do selo que isola hidráulicamente o nível a ser utilizado como reservatório (litologia, porosidade, permeabilidade, pressões admissíveis, espessura etc.); mapa isopáquico da formação de injeção e da formação do selo; perfil sísmico que demonstre a continuidade lateral das formações de injeção e de selo: profundidade do Grupo Neuquén ou do aquífero, das formações de injeção e de selo e dos níveis a serem injetados.
- Fluido a ser injetado: características e origem do fluido que se pretende injetar e pressão prevista; análise física e química, incluindo íons principais, condutividade, densidade, pH, concentração de hidrocarbonetos; análise física e química, incluindo principais efeitos, condutividade, HTP e pH da água da formação de injeção: análise e compatibilidade de águas (com base em SO_4 e CO_3) entre o fluido a ser injetado e a água da formação de injeção; simulação de injeção considerando os valores previstos de P e Q além da vida útil do projeto, onde se demonstre a área a ser invadida anualmente pela injeção, bem como as pressões geradas.
- Projeto construtivo do poço.

Na autorização de injeção em poço emitida deve constar: qualidade do fluido a ser injetado; execução de um poço de monitoramento dentro do raio de invasão do aquífero sobrejacente ao nível de injeção; instalação de instrumentação de Q e P em tempo real; instalação de instrumentos de parada automáticos; instalação de dispositivo para amostragem; instalar equipamentos de tratamento para reutilização; aumentar o conhecimento hidrogeológico (GOBIERNO DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN, 2018).

Na Província de Neuquén, a profundidade dos reservatórios não convencionais é bem maior que em Marcellus (EUA), na ordem de 3.000 metros, o que aumenta o grau de segurança nas atividades de exploração. O distanciamento maior das comunidades também contribui para um menor risco ambiental.

A criação de um fórum permanente de discussões, denominado “Mesa de Vaca Muerta”, foi uma iniciativa muito importante do governo argentino

para melhorar a comunicação com o público em geral sobre o gás de folhelho produzido em Vaca Muerta. O fórum envolve os governos federal e provincial, empresas e sociedade civil, para tratar diversos temas de interesse para o desenvolvimento da atividade de não convencionais (infraestrutura, cadeia de valores, tecnologia etc.) e de redução de impactos socioambientais. Até este momento ocorreram seis reuniões presenciais do fórum, em 2018 e 2019, tendo o fórum sido interrompido em 2020 em razão da pandemia de Covid-19 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2018; GOBIERNO DA LA REPÚBLICA ARGENTINA, 2021b).

A principal ferramenta para prevenir o impacto nos recursos hídricos da atividade de fraturamento hidráulico é a avaliação e o monitoramento realizados sobre a integridade mecânica dos poços através de testes específicos, tais como perfil de cimento, perfil de corrosão, testes de estanqueidade, entre outros. Quer seja nos poços em produção (recuperação secundária) como em poços convencionais antigos e já esgotados e que são convertidos em poços de drenagem. (DÉCIMA, 2020).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abordando a questão ambiental, conforme apontando neste documento, há uma grande complexidade no que trata das unidades de conservação. Tendo em vista este cenário, se faz necessária uma análise caso-a-caso para que se possa conceder licenças ambientais para a execução de um projeto de fraturamento de hidráulico, sendo imprescindível compreender como a operação irá afetar, de forma direta e indireta, a unidade de conservação ou terra indígena em questão, seja para o estado de São Paulo, ou Paraná.

No que se refere a questão hídrica, parâmetros de suma importância foram levantados neste estudo como a relação oferta x demanda para as bacias hidrográficas paranaenses e paulistas, assim como as profundidades medianas de seus aquíferos. Tais informações são essenciais para que se possa traçar uma relação entre o uso da água e a operação de fraturamento, dado que o *fracking* é uma atividade com uso intensivo deste recurso. Outro fato passível de ocorrer que é ligado aos dados aqui levantados se trata da migração de fluidos do poço para formações adjacentes, onde se é necessário conhecer a profundidade dos aquíferos para que se possa mensurar os riscos.

A legislação federal sobre uso de recursos hídricos delinea de modo geral o uso da água, não tratando da exploração de não convencional, especificamente, o que foi feito pela Resolução ANP nº/2014. No Paraná, a Lei nº 19.878/2019 proíbe a exploração do gás não convencional nesse estado, o que inclui o uso da água. Assim, além da norma da ANP, a legislação a ser aplicada é a geral, ou seja, Lei nº 9.433/1997 e as leis estaduais dos locais onde o poço for planejado.

As extensivas operações de “*fracking*” para exploração de recursos não convencionais nos Estados Unidos e na Argentina, oferecem uma extensa e importante fonte de informações acerca do gerenciamento dos recursos hídricos utilizados nestas operações.

De fato, a experiência destes países nos permite avaliar a inter-relação da atividade de “*fracking*” em ambientes tão diversos como centros urbanos densamente povoados e regiões rurais, climas temperados e áridos, oferta de água abundante e restrita.

Por isso, é lícito concluir que o impacto das atividades de “*fracking*” nos recursos hídricos é quantitativamente reduzido em geral e qualitativamente bem conhecido, sendo possível o estabelecimento de regras claras, objetivas e de fácil seguimento pelas autoridades para assegurar seu desenvolvimento em regiões adequadas, limitando a ocorrência e alcance de eventuais eventos negativos até limites compatíveis com os benefícios gerados pela atividade.

Um tema de grande importância para o desenvolvimento de produção não convencional de gás natural é o fortalecimento de canais de comunicação com o público em geral, procurando dirimir dúvidas sobre o tema, principalmente quanto à aspectos socioambientais.

REFERÊNCIAS

ADGATE, J. L.; GOLDSTEIN, B. D.; MCKENZIE, L. M. Potential public health hazards, exposures and health effects from unconventional natural gas development. *Environmental Science and Technology*, v. 48, n. 15, p. 8307–8320, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Eventos críticos. Sala de Situação – Boletins de Monitoramento Hidrológico*. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/eventoscriticos>.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP). *Resolução ANP 21/2014*. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=269028>>.

ÁGUA & SOLO ESTUDOS E PROJETOS. *Carta das Águas Subterrâneas do Estado do Paraná*. Disponível em: http://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/migrados/File/CERH_31_RO/Apresentacao_lancamento_mapa_geologico.pdf.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE – API (2010). *Guidance Document HF2, Water Management Associated with Hydraulic Fracturing*. First Edition, June 2010.

ARAÚJO, R. R. *Aspectos regulatórios e institucionais do desenvolvimento de gás não convencional: uma análise comparativa entre Brasil e EUA*. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. 2016.

ARAÚJO, R. R. et al. *Panorama do Desenvolvimento de Gás Não Convencional: perspectivas para o caso brasileiro*. In: COSTA, H. K. M. et. al. *Atualidades Regulatórias do Mercado de Gás Brasileiro*. Rio de Janeiro: Synergia, 2018.

BP. *BP Statistical Review of World Energy. 68th edition*. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>.

BRADY, W. J. *Hydraulic Fracturing Regulation in the United States: The Laissez-Faire Approach of the Federal Government and Varying State Regulations*. University of Denver/Sturm College of Law. 2012.

BRASIL. *Lei nº 9.984/00*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm.

BRASIL. *Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001*. Altera dispositivos das Leis nº 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências.

BRASIL. *Lei nº 9.433/97*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm.

BRASIL. *Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000*. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

CASETEXT. *Surface and coal protective casing and cementing procedures. 25 Pa. Code § 78.83*. Disponível em: https://casetext.com/regulation/pennsylvania-code-rules-and-regulations/title-25-environmental-protection/part-i-department-of-environmental-protection/subpart-c-protection-of-natural-resources/article-i-land-resources/chapter-78oil-and-gas-wells/subchapter-d-well-drilling-operation-and-plugging/casing-and-cementing/section-7883-surface-and-coal-protective-casing-and-cementingprocedures?PHONE_NUMBER_GROUP=P&sort=relevance&p=1&type=case&resultsNav=false.

COSTA, H. K. M., ARLOTA, C. Apontamentos sobre os direitos de propriedade aplicáveis ao regime de exploração de hidrocarbonetos no Brasil a partir de perspectiva comparada. *Revista Energia, Ambiente e Regulação*, n. 3, 2019.

DÉCIMA, M. F. (2020). *Gestión ambiental de los recursos hídricos en yacimientos no convencionales de la provincia de Neuquén: Marco legal aplicable y aspectos e impactos ambientales asociados*. Dissertação de mestrado no Instituto Tecnológico de Buenos Aires. 2020.

DUFILHO, A. C. *Impactos associados à exploração do gás não convencional em Neuquen – Argentina*. Mesa Redonda da Rede Gasbrás, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yKGsU2JkGCl&list=PLkA7uBla89HETyhjmXD2xLoN Qd-nTtYz-&index=6>.

DUFILHO, A. C.; SOMARUGA, C. Estudos de caso em Vaca Muerta – Argentina. In: Desenvolvimento da exploração de recursos não-convencionais no Brasil: Novas Óticas de desenvolvimento regional. *Cadernos FGV Energia*. Ano 8, n. 12, 2021.

FELDMANN, F; MAZZARELLA, I; COSTA, J. P; *SIGAP – Sistema de informação e gestão de áreas protegidas e de interesse ambiental do estado de São Paulo: breve histórico de sua criação e implicações*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, 2015.

FRACFOCUS. *The national hydraulic fracturing chemical disclosure registry*. Disponível em: <https://fracfocus.org/>.

GALLEGOS, T. J.; VARELA, B. A. *Trends in hydraulic fracturing distributions and treatment fluids, additives, proppants, and water volumes applied to wells drilled in the United States from 1947 through 2010: Data analysis and comparison to the literature*. (Scientific Investigations Report 2014-5131). Reston, VA: U.S. Geological Survey. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3133/sir20145131>.

GOBIERNO DA LA REPÚBLICA ARGENTINA. *Mesa de Vaca Muerta*. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/planeamiento-energetico/mesa-de-vacamuerta>. 2021b.

GOBIERNO DA LA REPÚBLICA ARGENTINA. *Neuquén Legislatura Provincial Ley 899 Código de Aguas*. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/aguaneuquen.pdf>. 2021a.

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN. *Gestión del Agua en la Actividad Hidrocarburiífera No Convencional*. Jornada ARPEL, Panel: Control de los Recursos Hídricos, Neuquén. Disponível em: <https://www.energianeuenen.gob.ar/evento/7.pdf>. 2018.

GOODMAN, R. *API Upstream Standards for Safe Shale Gas Operations – How API Standards can support and contribute for a safe operation – US case*. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/arquivos/palestras/api-shale-gas-standards.pdf>. 2018.

GROUND WATER PROTECTION COUNCIL -- GWPC. *Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer*. Disponível em: https://www.energy.gov/sites/default/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer_Online_42009.pdf.

IAPG. INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO Y DEL GAS NATURAL. *La Industria Argentina de los Hidrocarburos: Panorama General al 2019*. Disponível em: <http://www.aogexpo.com.ar/OverviewEN.pdf>.

IAPG. INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO Y DEL GAS NATURAL. *Shale en Argentina: Distintos Tipo de Shale*. Disponível em: <http://www.shaleenargentina.com.ar/distintos-tipos-de-shale>.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. *Atlas de Recursos Hídricos do Paraná, 1998*. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Atlas-de-Recursos-Hidricos-do-Estadodo-Parana>.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. *Banco de Mapas e Dados do IAT*. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. CEUC – *Cadastro Estadual de Unidades de Conservação e Áreas Protegidas*. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/CEUC-Cadastro-Estadual-de-Unidades-de-Conservacao-e-Areas-Protegidas#:~:text=de%20desastres%20ambientais-,CEUC%20%2D%20Cadastro%20Estadual%20de%20Unidades%20de%20Conserva%C3%A7%C3%A3o%20e%20%20C3%81reas%20Protegidas,das%20%C3%81reas%20Protegidass%20no%20Paran%C3%A1>. Acesso em: 17 mai. 2021.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (PLERH/PR), 2010*. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Plano-Estadual-deRecursos-Hidricos-do-Parana-PLERHPR>. 2010.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. *Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná, 2017/2020*. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/sites/aguaterra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/relatorio_conjuntura_recursohidricos_2020.pdf. 2020.

INSTITUTO ARGENTINO DE LA ENERGÍA (IAE) GENERAL MOSCONI. *La producción de hidrocarburos en Argentina. Informe anual Año 2020*. Disponível em: <https://www.iae.org.ar/2021/03/04/informe-anual-de-hidrocarburos-ano-2020/>. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. *Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais*. 3. ed. 2013. Disponível em: https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/norma_tecnica_georreferenciamento_imoveis_rurais_3ed.pdf.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável por Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná, 2017*. Disponível em: http://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos_restritos/files/documento/201909/Revista%20Indicadores%20de%20Desenvolvimento%20Sustentavel.pdf.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL – ISA. *Mapa das Terras Indígenas do Brasil*. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/brasil>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. *World Energy Outlook 2011. Special Report: Are we entering a golden age of gas?* International Energy Agency/Organisation for Economic Co-operation and Development (IEA/OECD), Paris, 2011.

IOGCC – INTERSTATE OIL AND GAS COMPACT COMMISSION. *States experience with hydraulic fracturing. A survey of the interstate oil and gas compact commission*. Disponível em: http://groundwork.iogcc.ok.gov/sites/default/files/09IOG5571_StatesExperience%20wHydFrac.pdf. 2002.

JUNIOR, A. P. da T. Contextos da Política de Águas e Novas Abordagens pela Perspectiva das Reformas Administrativas no Brasil. *Administração Pública e Gestão Social*, [S. l.], v. 13, n. 1, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/apgs/article/view/10187>.

KANSAL, T. *Regulation of Shale Gas Development: an argument for state preeminence with federal support*. Mestrado em Planejamento de Cidades. Massachusetts Institute of Technology. 2012.

KELL, S. *State oil and gas agency groundwater investigations and their role in advancing regulatory reforms, a two-state review: Ohio and Texas*. Ground Water Protection Council (GWPC). Disponível em: http://fracfocus.org/sites/default/files/publications/state_oil_gas_agency_groundwater_investigations_optimized.pdf.

LOWE, J. *Oil and Gas in a Nutshell*. West Academic: St. Paul. 2014.

MÁS ENERGÍA. *La última escala de los residuos: los 57 pozos sumideros en Vaca Muerta*. Disponível em: <https://mase.lmneuquen.com/vaca-muerta/la-ultima-escala-losresiduos-los-57-pozos-sumideros-vaca-muerta-n680661>. 2020.

MAUPIN, M. A.; KENNY, J. F.; HUTSON, S. S.; LOVELACE, J. K.; BARBER, N. L.; LINSEY, K. S. *Estimated use of water in the United States in 2010*. (USGS Circular 1405). Reston, VA: U.S. Geological Survey. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3133/cir1405>. 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. *A Experiência da Argentina na Exploração, Desenvolvimento e Produção de Petróleo e Gás Natural em jazidas de Baixa Permeabilidade na Província de Neuquén*. Relatório de Viagem. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/20182/737e67ff-bec5-2fde-21d6-3ec4310b8be0>. 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. *Aproveitamento de Hidrocarbonetos Não Convencionais no Brasil Cretáceo da Bacia Bauru*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308311932>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE -MMA. *Painel de Unidades de Conservação Brasileiras, Departamento de Áreas Protegidas*. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiMjUxMTU0NWMTODkyNC00ZnNiLWJjNTQ0OTQ0MzI2NjliZDkzliwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgmZGMxZi1hNGJhLTZmZThmM2M1NTBINyJ9>.

MOKHATAB, S.; POE, W. A. *Environmental Aspects of the Natural Gas Supply Chain*. In: Handbook of Natural Gas Transmission and Processing, Gulf Professional Publishing, 2012.

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY (NETL). *Environmental Impacts of Unconventional Natural Gas Development and Production*. 2014.

NEGRO, S. E. Fracking Wars: Federal, State and Local Conflicts over the Regulation of Natural Gas Activities. *Zoning and Planning Law Report*, v. 35, n. 2, 2012.

NEWBERRY, C. Feature: *Argentina faces big challenges to develop Vaca Muerta for export growth*. S&P Global Platts. Disponível em: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/oil/122619-featureargentinafaces-big-challenges-to-develop-vaca-muerta-for-export-growth>. 2019.

PARANÁ. *Decreto nº 9.957/2014*. Disponível em: https://app.sogi.com.br/Manager/texto/arquivo/exibir/arquivo?eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9AFFIjAvMTkyMjM0L1NHX1JlcXVpc2I0b19MZWdhbF9UZXh0by8wLzAvREVDUkVUTyB0wrogOS45NTcsiERF-IDlzlTAXLTlwMTQ0ZG9jLzAvMCIAlFF_9ygm-mZuSBWzVQTYh2LuYVBIQxQFgS2ETOZCD_IL8.

PARANÁ. *Decreto Estadual nº 3.446 de 25 de julho de 1997. Cria as Áreas Especiais de Uso Regulado – ARESUR no Estado do Paraná e dá outras providências*.

PARANÁ. *Decreto nº 1.529 de 2 de outubro de 2007. Dispõe Sobre O Estatuto Estadual De Apoio À Conservação Da Biodiversidade Em Terras Privadas No Estado Do Paraná, Atualiza Procedimentos Para A Criação De Reservas Particulares Do Patrimônio Natural e Dá Outras Providências*.

PARANÁ. *Lei nº 12.726/99. Política Estadual de Recursos Hídricos*. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=276174>.

PARANÁ. *Lei nº 19.878/19*. Disponível em: <http://portal.assembleia.pr.leg.br/index.php/pesquisa-legislativa/legislacaoestadual?idLegislacao=50773&tpLei=0&idProposicao=60217>.

PENNSYLVANIA CODE. *Oil and Gas Wells*. 25 PA. Code §78.

PENNSYLVANIA GENERAL ASSEMBLY. *58 Pennsylvania Statutes 3215*. Disponível em: <https://www.legis.state.pa.us/cfdocs/legis/LI/consCheck.cfm?txtType=HTM&ttl=58&div=0&chpt=32&sctn=15&subctn=0>.

SÃO PAULO, 2019. Manual de Proteção e Fiscalização das Unidades de Conservação do Estado de São Paulo. Fundação Florestal. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://smastr12.blob.core.windows.net/fundacaoflorestal/sites/243/2020/06/manualprotec%CC%A7a%CC%83o-ucsf-ff.pdf>. Acesso em: mai. 2021.

SÃO PAULO. *Decreto nº 63.262/2018*. Disponível em: [https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2018/decreto-63262-](https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2018/decreto-63262-09.03.2018.html#:~:text=Aprova%20o%20novo%20Regulamento%20dos,de%20Gerenciamento%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos.)

09.03.2018.html#:~:text=Aprova%20o%20novo%20Regulamento%20dos,de%20Gerenciamento%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos.

SÃO PAULO. *Lei nº 16.337/16. Plano Estadual de Recursos Hídricos*. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Plano%20Estadual,PERH%20e%20d%C3%A1%20provid%C3%AAsncias%20correlatas.>

SÃO PAULO. *Lei nº 7.663/1991. Política Estadual de Recursos Hídricos*. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>.

SÃO PAULO. *Lei Estadual nº 12.183/05, que disciplina a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo*. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/59744#:~:text=Lei%20n%C2%BA%2012.183%2C%20de%2029%2F12%2F2005&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20cobran%C3%A7a%20pela,valores%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.>

SÃO PAULO. *Lei Estadual nº 6.134/88. Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo*. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/25548>.

SÃO PAULO. *Resolução SIMA 86/20*. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/2020/10/resolucao-simano-86-2020/#:~:text=Regulamenta%20os%20procedimentos%20para%20a,e%20interfer%C3%AAsncias%20em%20recursos%20h%C3%ADricos.>

SCANLON, B. R, et al. Will Water Issues Constrain Oil and Gas Production in the United States? *Environmental Science & Technology*. Vol. 54, pp. 3510-3519, 2020.

SECRETARIA DE MINERÍA DE LA NACIÓN DE LA ARGENTINA. *Provincia de Neuquén-Clima Y Meteorología*. 2015.

SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS. S446a Universidade Estadual Paulista. *Águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Diretrizes de Utilização e Proteção* / Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto Geociências e Ciências Exatas. Laboratório de Estudo de Bacias. – São Paulo: DAEE/LEBAC, 2013.

SILVA, I. X. Management of Environmental Protected Areas – APA – in the State of São Paulo: an Analysis. 2006. 199 f. Dissertação (Master of science degree) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA – SBPC. ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS – ABC. *SPBC e ABC manifestam a sua preocupação, em carta, sob decisão de incluir o chamado “Gás de Xisto” na próxima licitação*. São Paulo, 5 de agosto de 2013. Disponível em: <http://portal.sbpnet.org.br/noticias/06-082013-cartaquebrasbpc-e-abc-enviam-carta-a-presidente-dilma-rousseff-solicitando-asuspensao-da-licitacao-para-a-exploracao-do-gas-de-xisto/>. 2013.

STEVENS, P. *The ‘Shale Gas Revolution’: Developments and Changes, Briefing Paper: Chatham House*. 2012.

SUDERHSA. *Manual Técnico de Outorgas*. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/202010/manual_outorgas_suderhsa_2006.pdf.

SWISSINFO. *La producción de petróleo en Argentina bajó 5,3 % en 2020*. Disponível em: https://www.swissinfo.ch/spa/argentina-hidrocarburos_la-producción-de-petróleo-en-argentina-bajó-5-3---en-2020/46421862. 2021.

TAIOLI, F. *Gás de Folhelho no Brasil – Perspectivas e Dúvidas*. Anais da 65ª reunião anual da SBPC – Recife, PE – julho/2013.

THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Shale gas extraction in the UK: a review of hydraulic fracturing*. Disponível em: royalsociety.org/policy/projects/shale-gasextraction.

US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – US EIA. *Shale Gas Production*. Disponível em: https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_prod_shalegas_s1_a.htm. 2021b.

US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – US EIA. *Shale Gas*. Disponível em: https://www.eia.gov/dnav/ng/NG_ENR_SHALEGAS_DCU_NUS_A.htm. 2021a.

US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – US EIA. *Summary statistics for natural gas in the United States, 2015-2019*. Disponível em: https://www.eia.gov/naturalgas/annual/pdf/table_001.pdf. 2021c.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. *Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States*. Office of Research and Development, Washington, DC. Disponível em: [EPA/600/R-16/236Fa](https://www.epa.gov/hfstudy). <https://www.epa.gov/hfstudy>. 2016.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. *Management of Exploration, Development and Production Wastes: Factors Informing a Decision on the Need for Regulatory Action*. 2019.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. *NPDES Permits Around the Nation*. Disponível em: <https://www.epa.gov/npdes-permits>. 2021.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. *Reduced Emissions*

Completions for Hydraulically Fractured Natural Gas Wells. 2011. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/reduced_emissions_completions.pdf. 2011.

VILLENA, C. Consideraciones ambientales sobre el fracking en EE.UU. Y Argentina. *Observatorio Pyme Minero*. Ano 3, n. 3, 2020. Universidad de Belgrano. Disponível em: <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/8974>.

WATSON, R. W.; PINCUS, N. R. Hydraulic Fracturing and Water Supply – Federal Regulatory Developments. *Rocky Mountain Mineral Law Foundation Journal*, v.49 n.2, 2012.

WISEMAN, H. J. Fracturing Regulation Applied. *Duke Environmental Law and Policy Forum*, v. 22, n. 2, 2012.

WISEMAN, H. J.; GRADIJAN, F. Regulation of Shale Gas Development, Including Hydraulic Fracturing. *University of Tulsa Legal Studies Research Paper* n°. 2011-11.

XAVIER, Y. M. de A.; BEZERRA, N. F. (Orgs.). *Gestão legal dos recursos hídricos dos Estados do Nordeste do Brasil*. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2005.

ZOBACK, M. D.; KOHLI, A. H. *Environmental Impacts and Induced Seismicity*. Unconventional Reservoir Geomechanics, p. 377-405, 2019.

Agradecemos o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP (através do Projeto Gasbras número 01.14.0215.00) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – (Chamada Pública Encomenda Convênio FINEP n. 01.14.0215.00 SEI – 01300.007195/2020-59).

Agradecemos igualmente o apoio do Research Centre for Greenhouse Gas Innovation - RCGI, localizado na Universidade de São Paulo (USP) e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP (Processo 2020/15230-5) e Shell Brasil, e a importância estratégica do apoio dado pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) através do incentivo regulatório associado ao investimento de recursos oriundos das Cláusulas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

Agradecemos o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas na Cláusula de P,D&I da Resolução ANP nº 50/2015 (PRH 33.1 - Referente ao EDITAL Nº1/2018/PRH-ANP; Convênio FINEP/FUSP/USP Ref. 0443/19).