



**GOVERNO
DA PARAÍBA**



THE WORLD BANK
IBRD • IDA

**REALIZAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS SOBRE AS ÁREAS DE
RECARGA NO SISTEMA PERNAMBUCO-PARAÍBA COM A ELABORAÇÃO
DO MAPA DE ZONAS DE GERENCIAMENTO E ELABORAÇÃO DE
PROPOSTA DE REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DA PARAÍBA**

**PROPOSTAS DE DIRETRIZES E CRITÉRIOS TÉCNICOS PARA
OUTORGAS DE ACORDO COM AS ZONAS DE GERENCIAMENTO
PRODUTO 6**



Agosto de 2024

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA

Diretor Presidente

Porfírio Catão Cartaxo Loureiro

Diretor Executivo de Acompanhamento e Controle

Beranger Arnaldo de Araújo

Diretor Executivo Administrativo e Financeiro

Joacy Mendes Nóbrega

Diretor Executivo de Gestão e Apoio Estratégico

Waldemir Fernandes Azevedo

Coordenadora PROGESTÃO / Programas e Projetos

Ana Emilia Duarte

Gestor do Contrato

Armando César Rodrigues Braga

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

CONSÓRCIO IGNEO/NIP/PROFILL

Coordenação

Flávio de Paula e Silva

Equipe Técnica

Antônio Silvio Jornada Krebs

Marcia Regina Stradioto

Ana Luiza Helfer

Sidnei Gusmão Agra

Carla Beatris Gasparini

Isabel Cristiane Rekowsky

Wilma Maria Nunes Memoria

Hygor Garcia

Carlos Ronei Bortoli

Tiago Vier Fischer

Mauro Jungblut

Dora Atman

Anna Luiza Lopes Matos

Marco Antonio Pereira Pessoa

Elisa de Mello Kich

Maurício Dambros Melati

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

APRESENTAÇÃO

O Consórcio IGNEO-NIP-PROFILL vêm, por meio deste, apresentar o **Produto 6 – Propostas de diretrizes e critérios técnicos para outorgas de acordo com as zonas de gerenciamento**, referente ao contrato 1-010/2022.

O presente produto segue os Termos de Referência do Edital SBQC 005/2021 (BR-SIERHMA-220426-CSBQC), realizado no âmbito do Projeto de Segurança Hídrica do Estado da Paraíba - PSH-PB. O PSH-PB é uma iniciativa do Estado da Paraíba, executado pela Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente - SEIRHMA, com apoio técnico da Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA e apoiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	LEGISLAÇÃO ATUAL SOBRE LICENÇA DE OBRA HÍDRICA (POÇO) e outorga	8
3	PROCEDIMENTOS GERAIS PARA OBTENÇÃO DE PRÉVIA LICENÇA DE OBRA HÍDRICA (POÇO) NA ÁREA DO SAPP	10
3.1.1	Classificação dos poços	11
3.1.2	Critérios construtivos	12
4	PROCEDIMENTOS GERAIS PARA OBTENÇÃO DE OUTORGA NO SAPP	16
5	PROPOSIÇÃO DE NOVOS CRITÉRIOS DE OUTORGA PARA A ÁREA DO SAPP	17
5.1.1	Critérios de outorga em nível global	18
5.1.2	Critérios de outorga em nível regional	19
5.1.3	Critérios de outorga em nível local.....	30
5.1.4	Usos dispensados prévia licença.....	38
5.1.5	Condicionantes de renovação de outorga.....	38
5.1.6	Poços desativados permanentemente.....	39
6	CONCLUSÕES	40
7	REFERÊNCIAS	42
8	Anexos – Minuta da Resolução	46

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de tabela resumo com os dados litológicos de um poço. Fonte: Siagas (2024).	13
Figura 3.2 – Exemplo de perfil litológico e construtivo de um poço. Fonte: Siagas (2024).	13
Figura 3.3 – Exemplo de perfil construtivo de um poço. Fonte: Adaptado de Feitosa et al. (2008).	14
Figura 5.1 – Subzonas de gerenciamento para o SAPP.	20
Figura 5.2 – Representação dos parâmetros de entrada da equação de Glover (1959) e valores utilizados para estimativa da distância da interface água doce/água salgada da linha de costa.	24
Figura 5.3 – Profundidade da cunha salina em função da distância da linha de costa.	25
Figura 5.4 – Mapa da classificação das zonas de gerenciamento.	26
Figura 5.5 – Mapa de vulnerabilidade para o SAPP.	29
Figura 5.6 – Espessura do aquífero Gramame.	34

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório resulta da atividade 5.7 estipulada no Termo de Referência, que trata da proposição de diretrizes e critérios técnicos para licença de obra hídrica (poço) e para outorgas de águas subterrâneas no Sistema Pernambuco-Paraíba (SAPP). As atividades abrangem a determinação de critérios construtivos para os poços buscando a obtenção da prévia licença de obra hídrica, e, por conseguinte, na proposição de critérios técnicos para a outorga dos recursos hídricos subterrâneos. O objetivo desse relatório é ser a fonte técnica de informações para a elaboração de uma resolução do CERH-PB sobre prévia licença de obra hídrica do tipo poço e para a outorga de direito de uso de águas subterrâneas. A minuta desta resolução é um anexo do presente documento.

Para atender a esse objetivo, no decorrer desse relatório são apresentadas as atuais legislações sobre licença de obra hídrica do tipo poço e sobre obtenção de outorga de direito de uso de águas subterrâneas vigentes no estado da Paraíba. Na sequência, são apresentados novos critérios propostos para a obtenção de licença de obra hídrica do tipo poço, levando em consideração a aplicação de estudos hidrogeológicos para a perfuração dos poços, seguindo as normas NBR específicas.

Por fim, são apresentados estudos já realizados para regiões da área de estudo com a proposição de critérios de outorga dos mananciais subterrâneos do SAPP. Esses estudos foram utilizados como base e fonte de dados para a elaboração de novos critérios de outorga, divididos pela sua área de abrangência em três categorias, sendo elas: nível global, nível regional e nível local. Os níveis foram aplicados levando em consideração as zonas e subzonas definidas no Produto 4 desta consultoria, “Delimitação de zonas e subzonas de gerenciamento, incluindo estimativas de potencial e disponibilidade das águas subterrâneas”, que foram determinadas com base no balanço hídrico e nas características hidrogeológicas da área de estudo, respectivamente.

 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

2 LEGISLAÇÃO ATUAL SOBRE LICENÇA DE OBRA HÍDRICA (POÇO) E OUTORGA

Nesse capítulo são apresentadas as legislações atuais vigentes no estado da Paraíba sobre licença de obra hídrica (do tipo poço) e sobre outorga para uso de água subterrânea.

2.1.1.1 Legislação sobre prévia licença de obra hídrica (poço)

O Decreto Estadual nº 19.258, de 31 de outubro de 1997, regulamenta o controle técnico sobre a licença de obras hídricas, entre elas os poços, para o estado da Paraíba. A definição de poço dada pelo decreto determina “estrutura escavada ou perfurada no solo para a captação de água subterrânea”. O decreto classifica os poços em relação a sua profundidade e vazão nominal de teste, como mostra o Quadro 2.1:

Quadro 2.1 – Classificação dos poços de acordo com profundidade e vazão.

Classificação pela profundidade	
Classificação	Profundidade (m)
Raso	< 20
Mediamente profundo	20 a 50
Profundo	> 50
Classificação pela vazão	
Classificação	Vazão (l/h)
Pequena vazão	< 2.000
Média vazão	2.000 a 5.000
Grande vazão	> 5.000

Fonte: Decreto nº 19.258/97.

Para a realização de qualquer obra ou serviço de oferta hídrica que modifique o regime, quantidade ou qualidade das águas subterrâneas, como a construção de poços, é necessário a obtenção de uma prévia licença, obtida pela Secretaria da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos do estado da Paraíba. Estarão isentos da obtenção de uma prévia licença os poços que não ultrapassem a vazão de 2.000 l/h, independente da sua profundidade. A inexigibilidade da prévia licença de poços rasos não será concedida nas zonas de formação sedimentar, que sejam classificadas como regiões de aquíferos estratégicos, ou aquíferos diretamente alimentados por vazões regularizadas, que é o caso do SAPP.

O pedido de obtenção de prévia licença deverá ser realizado mediante a apresentação de um formulário preenchido com informações referentes ao poço, como sua localização, estudo hidrogeológico e projeto básico da obra, conforme o artigo nº 9. É facultativo ao solicitante a apresentação de uma carta consulta ao órgão gestor, buscando um exame preliminar ou limitações a implantação da obra ou serviço de oferta hídrica, contendo informações hidrogeológicas sobre o serviço pretendido.

	Tipo de Documento: Documento de trabalho	
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

2.1.1.2 Legislação sobre outorga para águas subterrâneas

No estado da Paraíba, a AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, criada pela Lei nº 7.779/05 e regulamentada pelo Decreto nº 26.224/05, é responsável pela análise e emissão das outorgas das águas subterrâneas. Também compete à AESA a implantação e atualização do cadastro de poços do Estado e de um sistema de informação sobre os cadastros existentes.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) e tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. No estado da Paraíba a outorga foi regulamentada através do Decreto Estadual nº 19.260, de 31 de outubro de 1997. O decreto traz informações sobre o gerenciamento dos recursos hídricos no estado, e abrange definições importantes sobre os mananciais subterrâneos e as implicações necessárias para o seu processo de outorga. O decreto estabelece ordem de prioridade para a outorga, seguindo a ordem apresentada no Quadro 2.2 a seguir:

Quadro 2.2 – Prioridades de uso da água para outorga.

Ordem	Finalidade
1	Abastecimento doméstico.
2	Abastecimento coletivo especial, para hospitais, quartéis, presídios, colégios e etc.
3	Outros abastecimentos coletivos de cidades, distritos, povoados e outros núcleos habitacionais, sem caráter residencial, como entidades públicas, comércio e indústria, ligados a rede urbana.
4	O uso da água, através da captação direta para fins industriais, comerciais e de prestação de serviços.
5	O uso da água, através da captação direta ou por infraestrutura de abastecimento para fins agrícolas, como irrigação, pecuária, piscicultura, entre outros.
6	Outros usos da água permitidos pela legislação.

Fonte: Decreto Estadual nº 19.260, de 31 de outubro de 1997.

Em complemento, são abordadas as modalidades de outorga, classificando-as em cessão de uso (para órgãos ou entidades públicas), autorização de uso (uma forma mais temporária de conceder o uso da água para pessoas físicas e jurídicas) e concessão de uso (uma forma mais duradora de conceder água para pessoas físicas e jurídicas). O decreto também define que a disponibilidade hídrica dos mananciais subterrâneos ocorre em função das características hidrogeológicas do local sob o qual se decide realizar uma outorga, e o referencial quantitativo poderá ser consistido a partir da vazão nominal de teste do poço (representada pela vazão regularizada pelo poço no período de 24 horas) ou pela capacidade de recarga do aquífero. Além disso, não será concedida outorga para lançamento de poluentes em águas subterrâneas e não será exigida prévia licença para poços com vazão de até de 2.000 L/h.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

O decreto também prevê o prazo máximo de 10 anos para a vigência da outorga de direito de uso da água, podendo ser renovada a concessão de direito ao uso mediante a análise da Secretaria da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos do estado da Paraíba.

3 PROCEDIMENTOS GERAIS PARA OBTENÇÃO DE PRÉVIA LICENÇA DE OBRA HÍDRICA (POÇO) NA ÁREA DO SAPP

O processo para obtenção de prévia licença para a construção de poços deve levar em consideração os diversos aspectos hidrogeológicos da área de perfuração do poço. A prévia licença para construção de um poço deverá ser emitida pela AESA, com prazo de 1 ano. A AESA irá verificar a quantidade e a qualidade da água do aquífero, enquanto um profissional responsável técnico, devidamente habilitado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA (podendo ser tanto da área de geologia quanto de engenharia de minas) será responsável pelo projeto do poço.

Para o projeto do poço deverá ser preenchido e entregue ao órgão competente um relatório com informações técnicas. Poderão ser exigidos pela AESA mais detalhes e novas informações sobre o projeto do poço. A seguir serão listados alguns dados essenciais referentes aos poços que devem constar no relatório:

- i. nome do proprietário da área e comprovação da posse regular ou autorização do uso da área;
- ii. endereço da propriedade;
- iii. dados do projeto: nome do projeto e classificação do poço quanto as suas características construtivas e pela sua finalidade de uso;
- iv. localização (bacia, município, região, riacho, coordenadas geográficas);
- v. croqui da localização da propriedade, do poço a ser perfurado e de outros poços existentes na propriedade (caso houver);
- vi. aquífero que será explorado;
- vii. profundidade estimada do poço;
- viii. finalidade de uso da água do poço;
- ix. informações, quando possível, sobre a utilização de agrotóxicos e fertilizantes nas redondezas;

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

- x. localização de sistemas alternativos de tratamento de efluentes (como fossas sépticas, sumidouros, fossas ecológicas e etc.)

3.1.1 *Classificação dos poços*

A seguir serão apresentadas as classificações dos poços em relação a suas características construtivas e quanto a sua finalidade de uso.

3.1.1.1 Classificação dos poços quanto a suas características construtivas

Os poços são classificados de acordo com suas características construtivas, em:

- a. Poço ou obra de captação subterrânea: qualquer obra, sistema, processo, artefato ou sua combinação com o objetivo principal ou incidental de extrair água subterrânea;
- b. Poço tubular: poço de diâmetro reduzido em relação à sua profundidade, perfurado com equipamento especializado.
- c. Poço escavado: também conhecido como poço manual, amazonas, cisterna ou cacimba), é um poço escavado manualmente no solo ou rocha, revestido com tijolo ou tubo de concreto, ou sem revestimento, de grande diâmetro em relação à profundidade.
- d. Poço ponteira: poço raso que capta água do lençol freático, constituído por um tubo de pequeno diâmetro (de PVC, aço inoxidável ou materiais flúor-polímeros), revestido com tela, com terminação cônica, cravado no terreno por percussão ou rotação.

3.1.1.2 Classificação dos poços quanto a sua finalidade de uso

De acordo com a sua finalidade específica, os poços são classificados em:

- a. Poço de captação subterrânea: estrutura projetada com a finalidade de extração de água subterrânea para usos diversos, como abastecimento público, industrial, comercial etc.
- b. Poço de monitoramento: segundo a NBR 15495, o poço de monitoramento é um poço projetado e construído especificamente para monitorar a qualidade e/ou o nível da água subterrânea. Esses poços são utilizados em estudos hidrogeológicos, avaliações de contaminação e controle ambiental, permitindo

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

a coleta de amostras de água subterrânea e a medição dos níveis piezométricos.

- c. Poço de remediação: são estruturas utilizadas para remover, conter ou reduzir a concentração dos contaminantes presentes em determinada área. O seu objetivo é assegurar a reabilitação daquele espaço, com limites aceitáveis de riscos à saúde humana e meio ambiente.
- d. Poço de rebaixamento de lençol: são estruturas projetadas para rebaixar temporariamente o nível de água do solo, de modo a permitir a execução de uma obra subterrânea com segurança. Existem situações, como em prédios de regiões litorâneas, onde o rebaixamento é realizado de forma ininterrupta, com bombas ligadas 24 horas por dia nos 7 dias da semana.

3.1.2 Critérios construtivos

O presente capítulo irá discorrer sobre os critérios construtivos que devem ser seguidos para a perfuração de poços. Todas as etapas do processo de construção de um poço devem seguir as às normas técnicas brasileiras regulamentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conhecidas como NBRs. Elas apresentam diretrizes e instruções para a construção de poços em diferentes modalidades, garantindo a execução correta das obras. A NBR12.212 apresenta diretrizes sobre **projeto** de poço tubular para captação de água subterrânea e a NBR 12.244 apresenta diretrizes para a **construção** de poço tubular para captação de água subterrânea.

3.1.2.1 Perfil litológico

O perfil litológico busca representar as litologias presentes ao longo da profundidade do poço. Ele permite separar e identificar os diferentes tipos de litologia, como a presença de diferentes tipos de solo e diferentes tipos de rochas. Com essas informações, podem ser definidas as diferentes propriedades físicas das rochas, identificando contatos geológicos e zonas aquíferas mais promissoras, auxiliando no projeto do poço (Feitosa et al., 2008). Como exemplo, a Figura 3.1 apresenta uma tabela onde são apresentadas as profundidades dos diferentes tipos de litologia e suas descrições. Em complemento, a Figura 3.2 apresenta o perfil litológico de um poço.

Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	1	Solo Argiloso	SOLO ARGILOSO DE COR CINZA ESCURO.
1	3	Arenito Fino	ARENITO FINO A MEDIO DE COR AMARRONZADA, BEM SELECIONADO.
3	7	Argila	ARGILA COMPACTA DE COR AMARELADA.
7	9	Arenito Médio	ARENITO MEDIO DE COR AMARELADA, BEM SELECIONADO
9	11	Arenito com Seixos Quartzosos	ARENITO CONGLOMERATICO POUCO ARGILOSO DE COR AMARELADA
11	13	Arenito Médio	ARENITO DE GRANULACAO MEDIA, AMARELO ESBRANQUICADO.
13	19	Arenito Grosso	ARENITO GROSSEIRO DE COR ESBRANQUICADA, MAL SELECIONADO.
19	26	Arenito Calcífero	IDENTICO AO ANTERIOR C/LEVE TEOR CALCIFERO

Figura 3.1 – Exemplo de tabela resumo com os dados litológicos de um poço. Fonte: Siagas (2024).

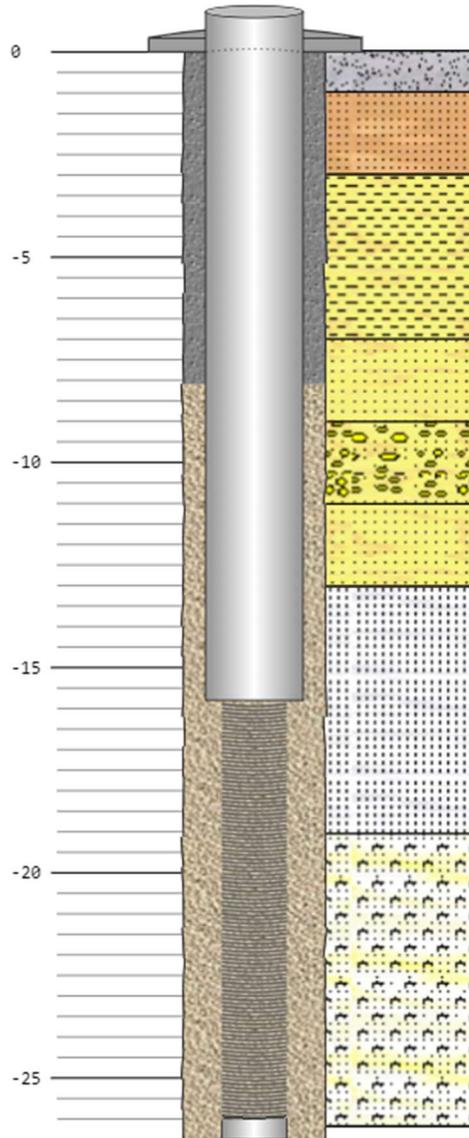


Figura 3.2 – Exemplo de perfil litológico e construtivo de um poço. Fonte: Siagas (2024).

3.1.2.2 Perfil construtivo do poço

Durante a construção do poço, deve ser realizado o perfil construtivo do poço, buscando representar as suas características construtivas. O perfil construtivo dos

poços deve apresentar as dimensões, materiais e componentes ao longo de toda a profundidade do poço, proporcionando o entendimento completo do sistema de funcionamento da obra. A partir do perfil construtivo do poço é possível identificar onde estão inseridos os filtros, o diâmetro do poço, tampa de proteção, entre outros. A Figura 3.3 apresenta uma imagem com um perfil construtivo do poço.

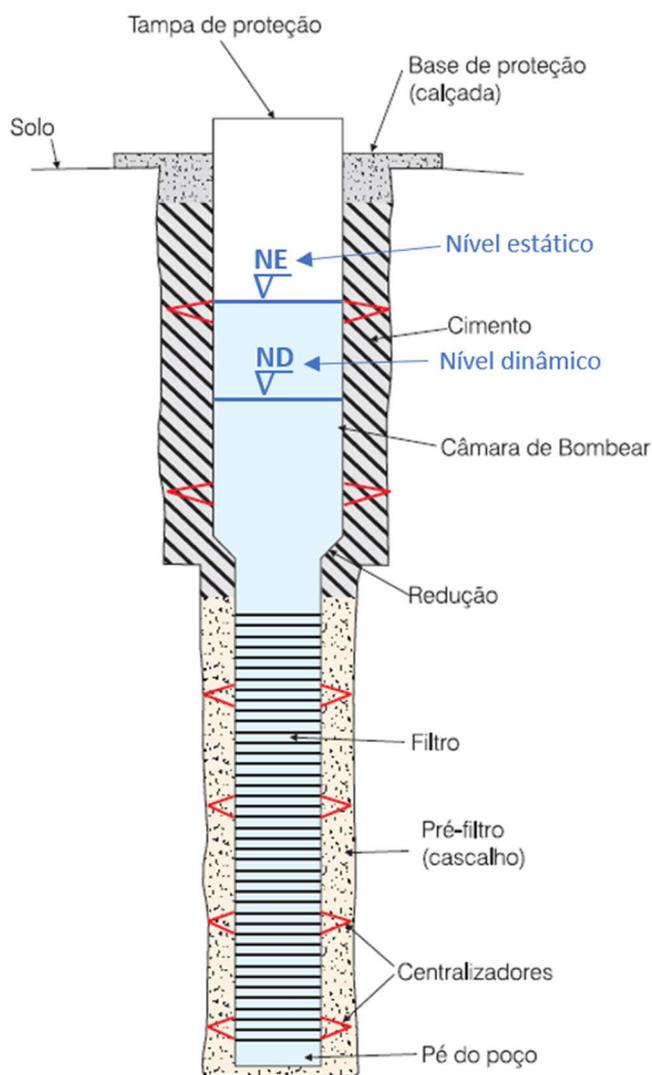


Figura 3.3 – Exemplo de perfil construtivo de um poço. Fonte: Adaptado de Feitosa et al. (2008).

3.1.2.3 Teste de bombeamento

Concluída a construção do poço, deverão ser executados e apresentados os resultados dos testes de produção (vazão máxima e escalonada) e de recuperação, para a determinação das condições de exploração e conhecimento das características hidrodinâmicas do aquífero. O teste de produção escalonado deverá ser realizado em

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

no mínimo 3 (três) etapas, com duração constante de 1 (uma) ou mais horas. A critério da AESA, o ensaio escalonado poderá ser dispensado tendo em conta as condições hidrogeológicas locais.

Para a interpretação dos ensaios de produção, com o objetivo de determinar as perdas de carga lineares e exponenciais envolvidas no bombeamento, a curva característica do poço, a vazão máxima admissível e a equação característica do poço, recomenda-se seguir as orientações da publicação “Manual de Operação e Manutenção de Poços” (DAEE, 2007).

A estimativa dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero, a partir do poço bombeado, pode ser realizada com a aplicação do método de Jacob (JACOB 1947, 1950). Os testes de produção e de recuperação deverão ser atualizados a cada 10 (dez) anos, seguindo as diretrizes do Decreto nº 19.260, de 31 de outubro de 1997, ou quando a AESA julgar necessário em função das condições hidrogeológicas locais.

No caso de ocorrer interferência entre os poços, a AESA poderá solicitar um relatório técnico detalhado sobre a interpretação hidrogeológica do teste. Caso haja poços na propriedade vizinha, o usuário deverá entrar em contato com a AESA para verificar se é necessária a realização de um teste de vazão de forma simultânea entre os poços.

3.1.2.4 Proteção sanitária

Os poços devem contar com um perímetro de proteção para evitar que pessoas não autorizadas tenham contato com os poços. A boca do poço deve estar 50 cm acima da laje de proteção sanitária, ele deve contar uma tampa e um lacre que evitem a entrada de contaminantes no poço. A laje de proteção sanitária deverá ter uma área mínima de 1 m², com espessura de 15 cm, concêntrica ao tubo de revestimento e com declividade do centro para a borda, conforme a NBR 12.244. Nos poços dotados de bomba submersa, deve haver um tubo auxiliar para a medição de níveis.

É necessário assegurar a qualidade das águas subterrâneas captadas para o abastecimento público, através da implementação de perímetros de proteção sanitária. Esses perímetros correspondem à distância coaxial ao sentido de fluxo da água subterrânea, medida a partir do ponto de captação.

O perímetro imediato de proteção é definido como o raio de 10 m a partir do ponto de captação, devendo ser cercado e protegido com telas, de modo a resguardar a entrada ou penetração de poluentes IG (2012).

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

O perímetro de alerta corresponde a uma área de proteção interna, destinada à proteção contra a contaminação microbiológica. É definido como a distância coaxial no sentido do fluxo subterrâneo a partir do ponto de captação, equivalente ao tempo de trânsito de cinquenta dias das águas no aquífero. Roteiro orientativo para delimitação de perímetros de proteção pode ser encontrado em IG (2012).

Wahnfried e Hirata (2005) salientam que o perímetro de alerta dos poços assume dimensões variadas, conforme a unidade aquífera produtora, seus parâmetros hidrodinâmicos, rebaixamento do nível d'água, distância da captação, tempo de trânsito da água até o poço, tempo de degradação de contaminantes, entre outras características. No interior do perímetro de alerta deverão ser observados o disciplinamento da extração da água, o controle máximo das fontes poluidoras já implantadas e restrição a novas atividades potencialmente poluidoras.

4 PROCEDIMENTOS GERAIS PARA OBTENÇÃO DE OUTORGA NO SAPP

O processo de outorga de águas subterrâneas na área do SAPP deve levar em consideração os diversos aspectos hidrogeológicos da área de estudo para garantir o uso sustentável dos mananciais subterrâneos. Para a obtenção de outorga deverá ser entregue junto com a prévia licença de obra hídrica aprovada pela AESA, um parecer técnico detalhando com os critérios construtivos do poço (após a sua perfuração), contemplando os itens apresentados na lista a seguir:

- i. data de perfuração do poço;
- ii. profundidade total do poço;
- iii. dados do equipamento de bombeamento instalado (se existir);
- iv. perfil construtivo do poço (desenho e tabela de informações especificando profundidades e materiais);
- v. perfil litológico (contendo desenho e especificações de tipo de solo por profundidade);
- vi. níveis estático e dinâmico;
- vii. vazão ao final do teste de bombeamento (segundo a NBR 12.244);
- viii. laudo de análise físico-química da água de acordo com o uso desejado (a descrição dos parâmetros químicos que deverão ser analisados consta no capítulo 5.1.3.1, o laudo deverá conter a análise do laboratorista);
- ix. classificação do poço pelos critérios construtivos;

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

As informações técnicas solicitadas acima devem ser obtidas a partir de uma Anotação de responsabilidade técnica – ART, assinada pelo profissional responsável técnico da empresa perfuradora, devidamente habilitado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA. Além disso, a critério da AESA poderão ser solicitados esclarecimentos ou feitas exigências complementares àquelas estabelecidas neste documento.

Caso na solicitação da outorga não conste a prévia licença de obra hídrica do poço, o usuário deverá pagar uma multa referente ao valor cobrado pela prévia licença no dia e será cobrado com juros e multa pelo período que foi perfurado e não estava licenciado.

5 PROPOSIÇÃO DE NOVOS CRITÉRIOS DE OUTORGA PARA A ÁREA DO SAPP

Buscando complementar a atual legislação sobre outorga no estado da Paraíba, serão apresentados nesse capítulo critérios de outorga para os mananciais subterrâneos no estado no que tange a área do SAPP, com base na legislação local, bibliografia especializada e estudos específicos realizados na área. Os novos critérios buscam englobar os aspectos hidrogeológicos da área de estudo, visando a sustentabilidade das águas subterrâneas aliada a uma gestão eficiente, que garanta água na quantidade e qualidade necessária para todos os setores da sociedade.

Costa (2009, 2011) desenvolveu trabalhos propondo critérios de outorga para águas subterrâneas na porção da Bacia Sedimentar Costeira Paraíba-Pernambuco, presente na Região do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, no estado da Paraíba. Os trabalhos propõem uma metodologia de outorga de águas subterrâneas abrangendo vários níveis de influência, desde a bacia hidrográfica até chegar ao poço. Braga et al. (2017) também estudaram a Bacia Sedimentar do Baixo Curso do Rio Paraíba, avaliando os aspectos ligados ao custo de implementação e manutenção, impactos sociais e impacto ambiental dos critérios de outorga propostos no trabalho de Costa (2009, 2011). Foram avaliados oito critérios de outorga, onde a priorização do uso da água superficial se mostrou ser o critério menos relevante para a área de estudo, em função do esgotamento da disponibilidade hídrica superficial. Em contrapartida, os critérios de vulnerabilidade dos aquíferos e gestão da demanda foram identificados como os mais relevantes.

Em complemento, a autora também desenvolveu trabalhos como Braga et al. (2015), onde foi estudada a variação intra-sazonal da potencialidade hídrica subterrânea e sua influência na outorga na região do baixo curso do rio Paraíba na Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. A autora conclui em seu trabalho que tanto a vazão nominal de teste de poço como também a capacidade de recarga do aquífero devem

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

ser levadas em consideração, de maneira conjunta, para a obtenção de uma vazão de outorga sustentável.

A partir dos trabalhos citados anteriormente, os critérios de outorga para o estado da Paraíba serão classificados em três níveis de abrangência, como foi proposto por Costa (2009,2011), sendo eles: global, regional e local. A classificação busca partir de critérios mais abrangentes para critérios menos abrangentes no processo de outorga, buscando auxiliar no processo de gestão dos mananciais subterrâneos. A seguir serão caracterizados cada um dos três níveis e abrangência e os seus respectivos critérios de outorga.

5.1.1 Critérios de outorga em nível global

O nível global abrange a bacia hidrográfica como um todo, buscando compreender todos os fenômenos que atuam no ciclo hidrológico e que impactam os mananciais subterrâneos. São considerados os limites de retirada de águas subterrâneas na bacia e as demandas ecológicas. Buscando garantir a sustentabilidade dos mananciais subterrâneos, Costa (2009, 2011) sugere o uso da potencialidade disponível (representando a disponibilidade de água subterrânea) e da prioridade de uso das águas superficiais como os critérios para outorga em nível global.

5.1.1.1 Disponibilidade de água subterrânea

No Produto 4 desta consultoria, “Delimitação de zonas e subzonas de gerenciamento, incluindo estimativas de potencial e disponibilidade das águas subterrâneas”, a potencialidade foi estimada, com base em trabalhos realizados anteriormente na área de estudo, através da descarga natural do sistema aquífero (vazão de base) do escoamento fluvial e a disponibilidade foi estimada como sendo 60% da potencialidade. A partir dessa informação, pode-se determinar que somente 60% do potencial está disponível para outorga, mantendo os outros 40% da recarga anual para a sustentabilidade dos mananciais subterrâneos.

5.1.1.2 Uso prioritário de águas superficiais

Costa (2009, 2011) propõe considerar o uso das águas superficiais como prioritários em relação ao uso dos mananciais subterrâneos, já que as águas subterrâneas são consideradas como recursos estratégicos, sendo usadas somente quando não houver alternativas para o atendimento da demanda das águas superficiais. A autora também destaca que é necessário que o órgão gestor conheça a disponibilidade hídrica

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

superficial da região em que se deseja outorga, sendo ela determinada pelos volumes dos reservatórios da região. Conhecer a disponibilidade hídrica superficial de uma bacia hidrográfica significa ter acesso a um banco de dados que informa a quantidade sustentável de água disponível na bacia hidrográfica que pode ser consumida e por quanto tempo pode ser utilizada.

Com a possibilidade de atendimento da demanda hídrica com recursos superficiais, a concessão de outorga para águas subterrâneas fica vedada. Entretanto, deve ser avaliada a situação socioeconômica do usuário, uma vez que dependendo da distância da fonte de captação superficial, a utilização da água superficial pode se tornar mais onerosa do que a perfuração de um poço. Mediante a não existência de fonte hídrica superficial para atender a demanda do usuário, se faz necessária a utilização de mananciais subterrâneos.

5.1.2 Critérios de outorga em nível regional

O nível regional é estabelecido a partir das zonas de recarga e descarga de água subterrânea, sendo necessário proporcionar usos múltiplos e prioritários da água. Buscando representar essas regiões, foram utilizadas subzonas de gerenciamento definidas no Produto 4 da presente consultoria, “Delimitação de zonas e subzonas de gerenciamento, incluindo estimativas de potencial e disponibilidade das águas subterrâneas”. As subzonas foram delimitadas analisando as características como uso e ocupação do solo, conexão de ecossistemas, intensidade de exploração, recarga subterrânea, vulnerabilidade, características hidrogeológicas das formações que compõe a porção do sistema aquífero, fontes de poluição, qualidade das águas subterrâneas, limites das bacias hidrográficas e áreas definidas no projeto ASUB¹. A Figura 5.1 apresenta as subzonas delimitadas no Produto 4.

¹ - Projeto ASUB - Integração dos Instrumentos de Outorga, Enquadramento e Cobrança para a Gestão das Águas Subterrâneas.

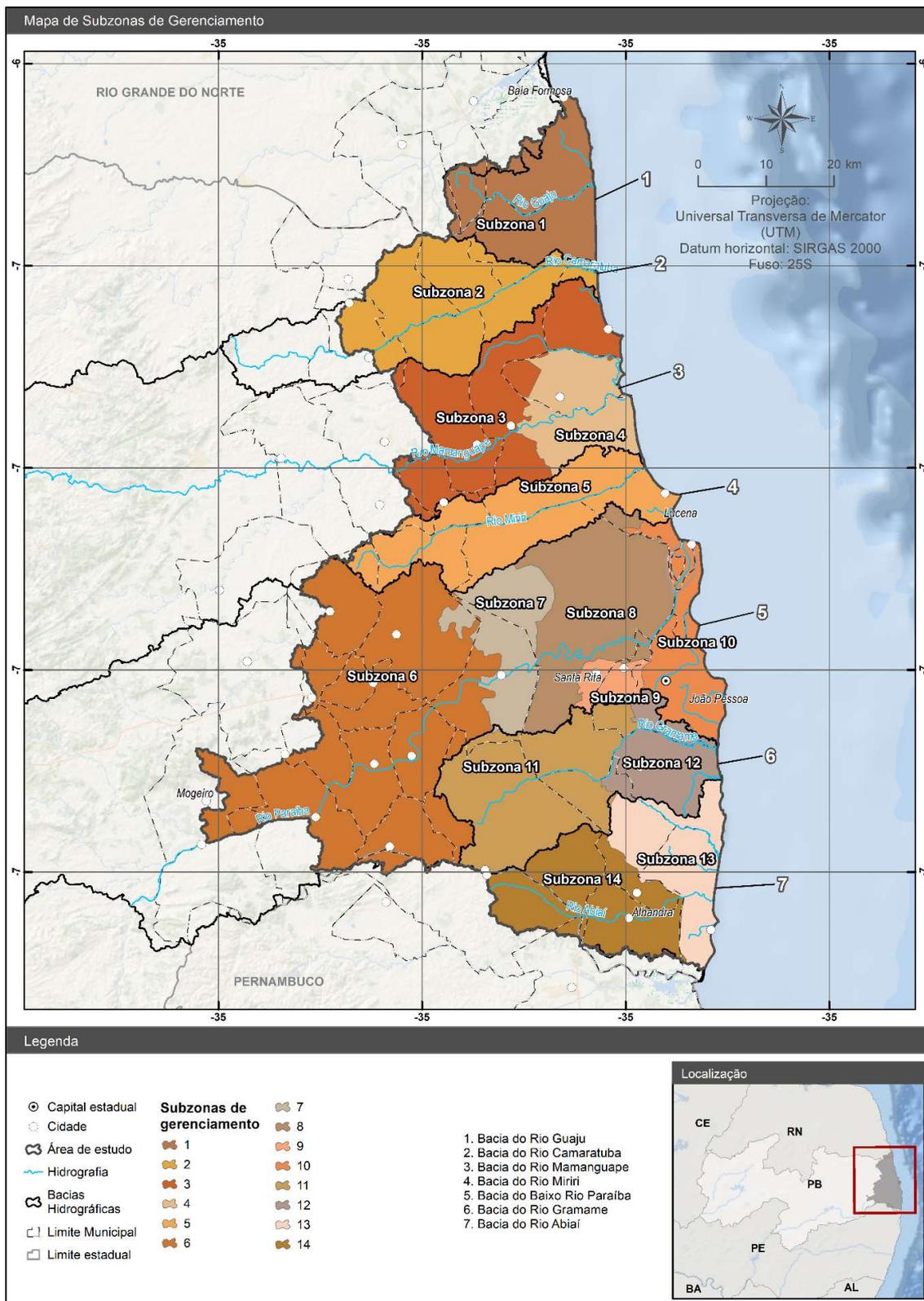


Figura 5.1 – Subzonas de gerenciamento para o SAPP.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

5.1.2.1 Usos prioritários da água

Partindo das definições de prioridade de uso da água abordadas no Decreto Estadual nº 19.260/97, detalhadas no capítulo 2, Costa et al. (2011) sugere que sejam mantidos como usos prioritários o abastecimento humano e a dessedentação animal, seguido pelos usos industrial, comercial e para prestação de serviços, e, por fim, os usos para fins da agroindústria, como irrigação, piscicultura e carcinicultura.

5.1.2.2 Intrusão salina

Na análise da intrusão salina, é necessário destacar que, em aquíferos litorâneos, a água subterrânea normalmente flui em direção ao mar devido a sua maior carga hidráulica. No entanto, a água salina do mar pode infiltrar-se no subsolo continental formando uma interface oblíqua sob a água doce, criando uma cunha salina nas zonas costeiras. Essa cunha é equilibrada pela descarga de água doce ao mar, mas a exploração intensiva do aquífero através de bombeamento pode desestabilizar este equilíbrio. O excesso de bombeamento reduz a descarga de água doce, permitindo que a cunha salina avance para o interior, contaminando poços de captação de água.

No Produto 2 – Diagnóstico Integrado – Diagnóstico do Conhecimento Hidrogeológico e da Situação Atual da Rede de Monitoramento, não foram localizados trabalhos para a área de estudo que determinam os locais de interferência de cunha salina. As regiões da área de estudo que estão mais suscetíveis a sofrer com os impactos da intrusão salina no futuro estão localizadas próximas a costa, como as subzonas 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 e 13.

Para identificar futuramente a ocorrência da intrusão salina é necessário realizar o monitoramento hidroquímico dos poços da área de estudo, buscando caracterizar a água com base nos seus aspectos hidrogeológicos. A partir dessa caracterização será possível compreender quais substâncias estão presentes em função das características hidrogeológicas do sistema aquífero e quais podem estar presentes devido a ocorrência da intrusão salina no poço. Após a caracterização devem ser feitas análises a cada 6 meses, buscando identificar se existem novas substâncias presentes na água dos poços, que podem ter como origem a intrusão salina.

Dentre essas substâncias estão, principalmente, os cloretos de sódio e magnésio e os sulfatos de cálcio e magnésio, que juntamente com uma aparência turva e substâncias em suspensão, podem caracterizar a influência da água do mar em um poço.

	Tipo de Documento: Documento de trabalho	
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

Segundo a Portaria 888/MS, que apresenta a consolidação das normas sobre ações e serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (abordando em seu Anexo XX sobre os padrões de potabilidade de água para o consumo humano), os valores máximos de cloreto e de sódio permitidos são, respectivamente, 250 mg/L e 200 mg/L. Dessa forma, os valores de cloreto e de sódio acima dos padrões máximos permitidos deve ser um ponto de atenção, e levar a investigação de uma possível ocorrência de intrusão salina no poço analisado.

Oliveira (2016) fez a modelagem do avanço da cunha salina em uma parte da Região metropolitana de Maceió, onde existe um sistema aquífero costeiro, apresentando em seu trabalho as principais substâncias indicativas da ocorrência de salinização. O Quadro 5.1 mostra os elementos/parâmetros químicos e os seus indicativos da ocorrência de salinização, que juntamente com a interpretação dos resultados do monitoramento hidroquímico podem concluir se existe a ocorrência da intrusão salina em um poço:

Quadro 5.1 – Indicativos da ocorrência de salinização.

Elemento/Parâmetro químico	Indicativos da ocorrência de salinização
Sódio (Na ⁺)	O Sódio é um dos principais responsáveis pela salinidade das águas naturais. Sua concentração tende a aumentar progressivamente das zonas de recarga do aquífero em direção às áreas mais confinadas ou pontos de exutório. Em águas subterrâneas, sua concentração pode variar de 0,1 a 10 mg/L, enquanto em águas doces, essa faixa é de 1 a 150 mg/L. No Oceano Atlântico, as concentrações podem alcançar 11.100 mg/L (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).
Magnésio (Mg ²⁺)	O magnésio contribui para a dureza e o sabor salobro das águas, ocorrendo principalmente na forma de bicarbonato. A água do Oceano Atlântico apresenta uma concentração média de 1.410 mg/L de magnésio, enquanto nas águas subterrâneas, os valores variam entre 1 e 40 mg/L (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).
Cloreto (Cl ⁻)	Os cloretos são encontrados naturalmente nas águas subterrâneas devido à percolação da água através de solos e rochas. Efluentes industriais, como os da indústria de petróleo, farmacêutica e de curtumes, frequentemente apresentam altos níveis de cloretos. A intrusão de água salina em áreas costeiras também pode elevar as concentrações de cloretos. Em geral, as águas subterrâneas possuem menos de 100 mg/L de cloretos, enquanto as águas do mar podem conter entre 18.000 e 21.000 mg/L (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).
Razão rMg ²⁺ /rCa ²⁺	Águas que circulam em litologias marinhas ou que sofreram intrusão salina possuem uma elevada razão rMg ²⁺ /rCa ²⁺ . A razão típica da água do mar é em torno de 5. Altos valores dessa razão, juntamente com elevados teores de cloretos, podem indicar contaminação por água marinha. Segundo Hem (1985), valores superiores a 0,9 indicam contato com água do mar ou fluxo através de rochas básicas (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).
Razão rCl ⁻ /rHCO ₃ ⁻	Essa razão é útil para caracterizar a intrusão salina. Em águas continentais, os valores variam entre 0,1 e 5, enquanto no mar, os valores estão entre 20 e 50. Se o aumento de cloretos for devido à concentração de sais nas zonas de recarga, a razão crescerá menos do que no caso de uma intrusão marinha (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983; HEM, 1985).

Fonte: Oliveira (2016).

Se for verificada a contaminação dos poços por água salina do mar, deve ser reduzida a vazão de exploração, buscando minimizar o avanço da cunha salina. Em

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

complemento, para prevenir a intrusão salina, Costa et al. (2011) destacam que é crucial manter uma distância segura entre os poços de captação e a linha da costa, determinada por estudos com modelos de fluxo subterrâneo, assegurando que as outorgas de água sejam concedidas de forma a preservar a dinâmica natural do escoamento subterrâneo.

A determinação da forma da interface que separa água doce e água salgada, com diferentes densidades e induzida por bombeamentos de poços, incluindo o valor da vazão crítica acima da qual a água salgada pode contaminar o poço, exige um conhecimento detalhado dos parâmetros hidrodinâmicos e da geometria do aquífero costeiro (Feitosa et al, 2008).

A extensão da intrusão de água salgada em um aquífero depende de vários fatores, incluindo a vazão total de água subterrânea extraída em comparação com a recarga; a distância entre os locais de descarga de água subterrânea; a estrutura geológica do aquífero ou sistemas aquíferos; a distribuição das propriedades hidráulicas dos aquíferos; e a presença de unidades confinantes podem limitar a água salgada de se mover verticalmente em direção ou dentro do aquífero (<https://ca.water.usgs.gov/sustainable-groundwater-management/seawater-intrusion-california.html>).

Embora existam formulações simplistas para estimativa da forma e distância da cunha salina continente adentro, como por exemplo, a equação de Glover (1959), a equação desenvolvida por Schmork & Mercado (1969) e Dagan & Bear (1968) e a equação de Strack (1976), essas equações não contemplam todas as variáveis que controlam essas dimensões, ainda mais considerando-se a complexidade hidrogeológica da costa paraibana e a grande quantidade de poços em operação, de modo que sua aplicação não reproduz resultados confiáveis.

A melhor solução para se estabelecer a forma e distância continente adentro da interface água doce/água salgada é a modelagem numérica tridimensional de fluxo e transporte de solutos, a partir do conhecimento refinado dos parâmetros hidrodinâmicos e da geometria do aquífero (Feitosa et al, 2008). Ainda assim, os resultados somente serão satisfatórios se as observações disponíveis permitirem efetuar uma calibração e validação desses modelos. Há ainda que levar em consideração a coexistência entre aquíferos livres e confinados ao longo da linha de costa paraibana, fato que dificulta ainda mais o desenvolvimento do modelo de fluxo.

Considerando a inexistência de um estudo específico sobre a intrusão salina nos aquíferos costeiros da Paraíba e a necessidade premente de se estabelecer um distanciamento dos poços em relação à linha de costa, de modo a minimizar ou

impedir o avanço da cunha salina, foi empregada a formulação de Glover (1959), abaixo:

$$Z^2 = \frac{2qx\rho f}{K(\rho_s - \rho_f)} + \left[\frac{q\rho f}{K(\rho_s - \rho_f)} \right]^2$$

Onde: q= fluxo de água subterrânea por unidade de comprimento da linha de costa [L²/T]; K = condutividade hidráulica [L/T]; x,z= distância da linha de costa[L]; ρf= densidade da água doce [M/L³]; ρs =densidade de água salgada [M/L³].

Essa equação pode ser reescrita da seguinte forma:

$$Z(x) = \sqrt{\frac{2ibx}{(\rho_s - \rho_s)} + \left(\frac{ib\rho f}{(\rho_s - \rho_s)} \right)^2}$$

Onde: i= gradiente hidráulico; b = espessura do aquífero (m).

Os parâmetros e valores de entrada utilizados para estimativa da distância da interface água doce/água salgada da linha de costa estão representados na figura abaixo.

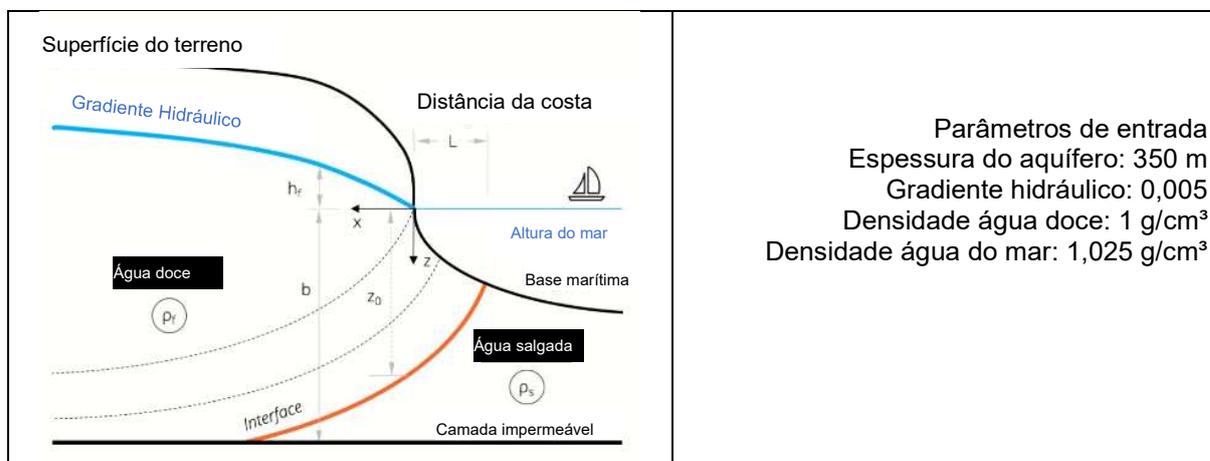


Figura 5.2 – Representação dos parâmetros de entrada da equação de Glover (1959) e valores utilizados para estimativa da distância da interface água doce/água salgada da linha de costa.

O resultado da aplicação da equação de Glover (1959) indica que interface água doce/água salgada encontra-se a cerca de 850 m da linha de costa (Figura 5.3).

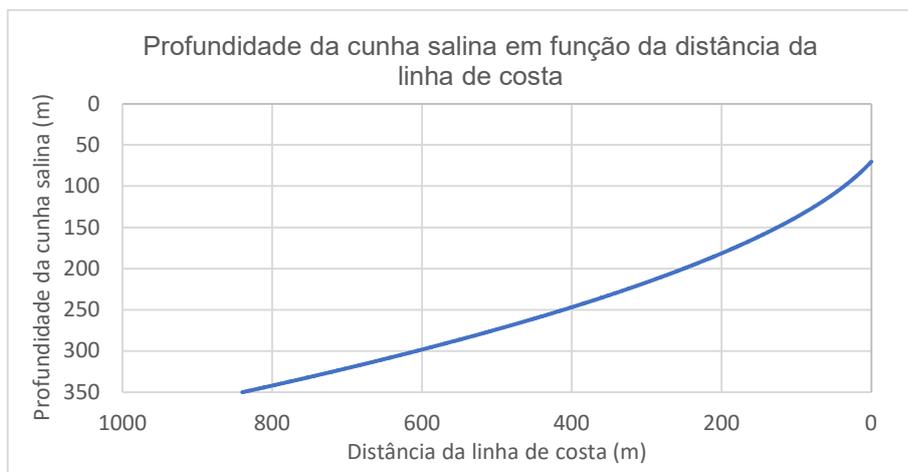


Figura 5.3 – Profundidade da cunha salina em função da distância da linha de costa.

O resultado apontado pela equação de Glover (1959) não considera o conjunto de poços em bombeamento. Assim sendo, é proposto um afastamento mínimo de 1 km dos poços da linha de costa.

5.1.2.3 Disponibilidade de outorga em função das zonas de gerenciamento

No Produto 4 – Delimitação de zonas e subzonas de gerenciamento, que apresenta estimativas de potencial e disponibilidade das águas subterrâneas, foram definidas zonas de gerenciamento a partir de subzonas, também definidas no mesmo produto, como mostra o Quadro 5.2 a seguir. Em complemento, a Figura 5.4 mostra o mapa com a localização de cada uma das zonas de gerenciamento.

Quadro 5.2 – Classificação das zonas realizada no Produto 4.

Subzonas	Zonas
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 13 e 14	Zona estável
10 e 12	Zona de atenção
9	Zona crítica

Fonte: Produto 4 - Delimitação de zonas e subzonas de gerenciamento, incluindo estimativas de potencial e disponibilidade das águas subterrâneas.

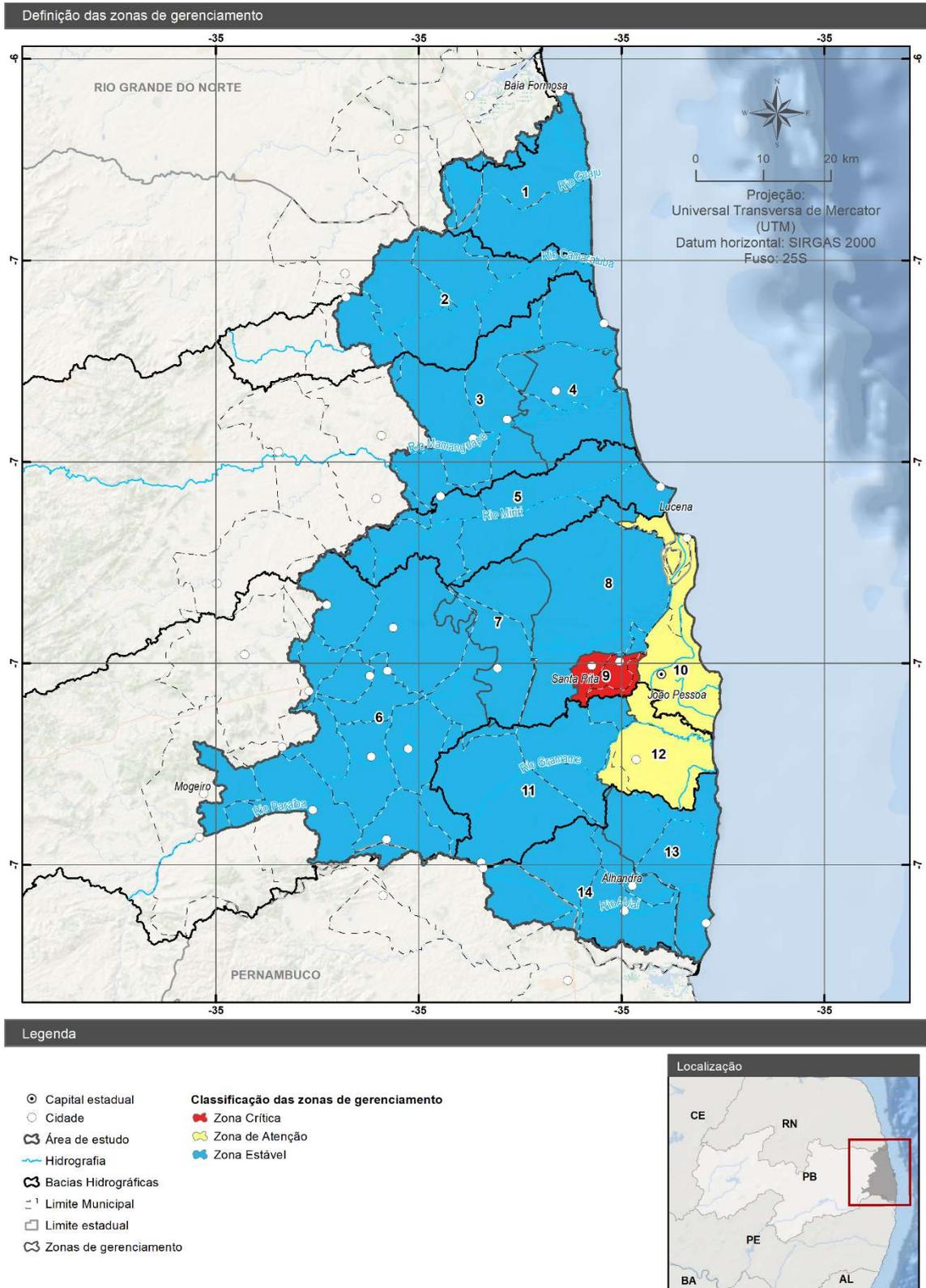


Figura 5.4 – Mapa da classificação das zonas de gerenciamento.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

Observa-se no mapa das zonas de gerenciamento que a subzona 9 está classificada como zona crítica, indicando que essa subzona já está acima do limite de estresse hídrico, fazendo com que a disponibilidade hídrica não consiga suprir com as demandas atuais. Para definir vazões sustentáveis a serem outorgadas nessa subzona, buscando a preservação dos recursos hídricos subterrâneos, propõem-se que nela não seja permitida a perfuração de novos poços, salve a expressa necessidade para abastecimento humano ou dessedentação animal.

As subzonas 10 e 12 também estão com os seus mananciais subterrâneos comprometidos, classificando-as na zona de atenção. Por esse motivo, propõem-se que sejam outorgados novos poços somente para usos prioritários, como abastecimento humano ou dessedentação animal. Buscando a proteção dos recursos hídricos subterrâneos recomenda-se uma análise criteriosa dos pedidos de outorga para indústrias, em função do grande volume de água necessário para o seu abastecimento.

As subzonas restantes, classificadas como zonas estáveis, podem receber outorgas de acordo com a vazão nominal do teste de bombeamento realizado no poço. Isso deve-se em função da relação entre demanda e disponibilidade hídrica não estar comprometendo os mananciais subterrâneos nessas subzonas. Ao longo dos anos podem ocorrer mudanças nesses fatores, como o aumento da demanda, a partir da expansão urbana. Sendo assim, é necessário que sejam acompanhadas as modificações de uso dos mananciais subterrâneos, buscando sua preservação. Recomenda-se que a cada 10 anos seja realizado o reajuste da classificação de criticidade das zonas de gerenciamento.

5.1.2.4 Vulnerabilidade

O próximo critério a ser abordado é o de vulnerabilidade dos aquíferos da área de estudo, sendo ele um dos elementos considerados por Costa (2009) na análise de concessão de outorga. A autora destaca que a vulnerabilidade é definida a partir das características intrínsecas dos sistemas de água subterrâneas, dependendo da sensibilidade dos aquíferos aos impactos antrópicos ou naturais e em função de fatores hidrogeológicos. Dessa forma o mapa de vulnerabilidade informa a classificação da área de estudo em função da sua sensibilidade a contaminação.

O mapa de vulnerabilidade para a área de estudo (Figura 5.5) foi produzido no Produto 4 - Delimitação de zonas e subzonas de gerenciamento, incluindo estimativas de potencial e disponibilidade das águas subterrâneas, com a aplicação do método de GOD. Poços localizados em regiões de extrema ou alta vulnerabilidade devem apresentar proteção reforçada em toda a região passível de contaminação, buscando

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

garantir que a água que será explotada não estará contaminada. Nas captações por poços tubulares nas regiões mais vulneráveis, classificadas como vulnerabilidade alta a extrema, o tubo de proteção sanitária deve estender-se por até 24 m de profundidade; em regiões de menor vulnerabilidade (áreas de média vulnerabilidade), esse revestimento deve atingir profundidade mínima de 12 m.

Em ambos os casos, o espaço anular entre o furo e a coluna de revestimento deve ter espessura mínima de 75 mm (3 polegadas), com a finalidade de preservar a qualidade das águas subterrâneas e protegê-las contra contaminantes. O espaço anular deve ser preenchido por calda de cimento, em operação contínua por meio de bombeamento da pasta de cimento. Deve ser aguardada cura do cimento por 48 horas antes da continuidade da perfuração.

Os poços escavados (cacimbas ou cisternas) devem ser construídos em nível mais alto do terreno e a uma distância superior a 30,00 metros em relação a fossas sépticas, para evitar a contaminação das águas subterrâneas. O poço deverá ter a parede acima do nível da água revestida com alvenaria ou anéis de concreto, com extremidade situada a pelo menos 0,50 m acima de laje de proteção do poço, no nível do terreno. A parede deve ser circundada pela laje de proteção, de concreto, circular com no mínimo de 1,00 m de largura e espessura interna de 0,15 m e externa (borda) de 0,10 m. A tampa deve ser feita em concreto, composta preferencialmente de duas partes semicirculares, que proporcionem boa vedação. Deve ainda contar com orifícios de diâmetros adequados à instalação das tubulações da bomba.

Os poços tubulares devem ser dotados de hidrômetro para controle da vazão instantânea e total captada e de torneira posicionada no cavalete do poço, após o hidrômetro, de modo a possibilitar a coleta da água bruta para análises hidroquímicas.

A localização do poço deverá ser longe de possíveis fontes de contaminação, como fossas residenciais, condutos de esgoto, chiqueiros, plantações com uso de agrotóxicos ou fertilizantes, lixões, cemitérios, tanques de armazenamento de combustíveis entre outras.

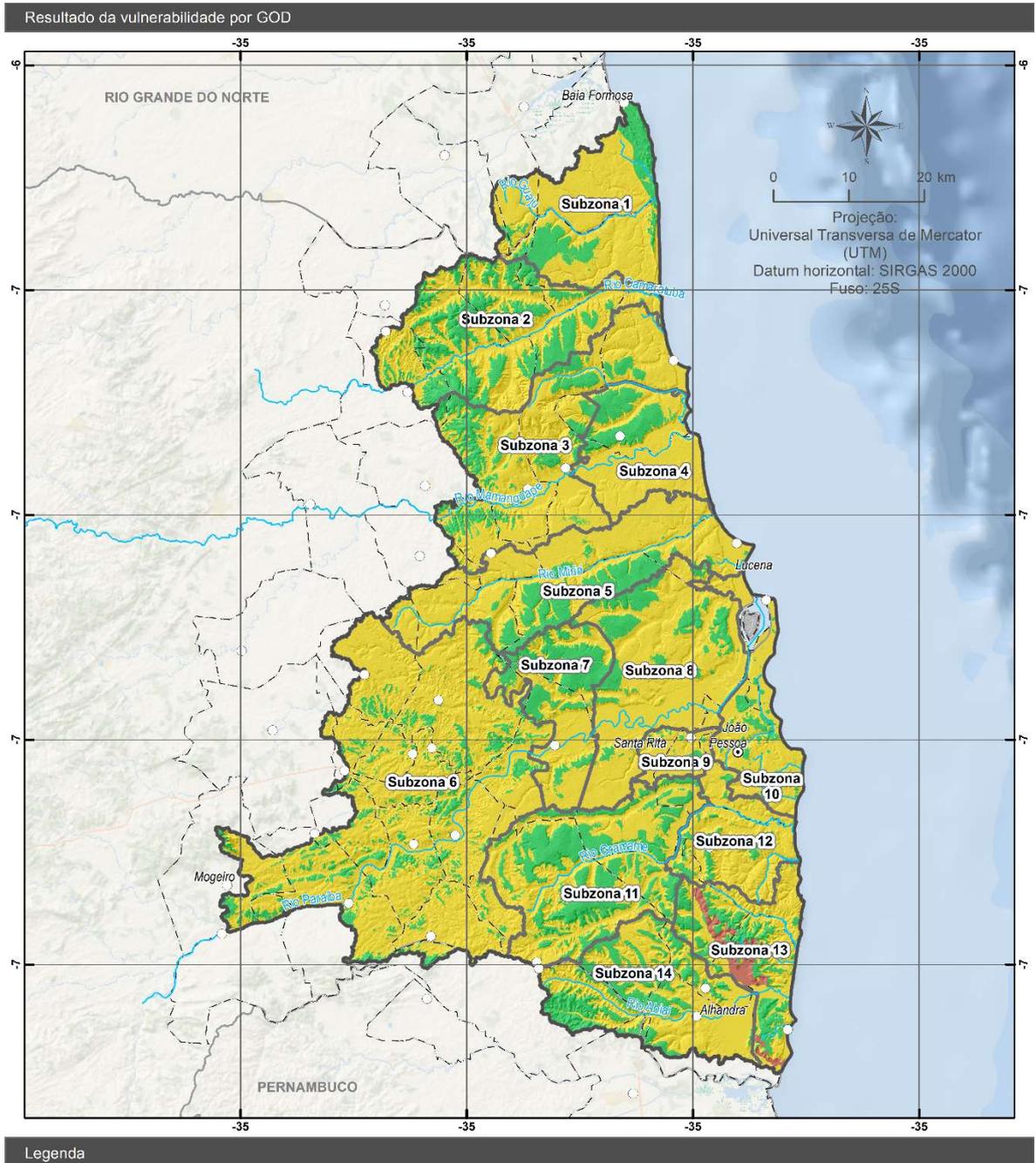


Figura 5.5 – Mapa de vulnerabilidade para o SAPP.

 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

5.1.3 Critérios de outorga em nível local

No nível local os objetos de estudo são o poço e as consequências de sua perfuração em determinados locais da bacia, sendo considerados como critérios de outorga a qualidade da água, a interferência entre poços, o rebaixamento da superfície potenciométrica e a gestão da demanda. O critério de rebaixamento da superfície potenciométrica depende do monitoramento de níveis dos poços para sua aplicação.

5.1.3.1 Qualidade da água

O trabalho de Medeiros (2012) analisou a qualidade das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar Costeira do Baixo Curso do Rio Paraíba, e concluiu que as águas subterrâneas são de boa qualidade, porém já apresentam comprometimento devido a atividades antrópicas. A contaminação impede a utilização das águas para consumo humano sem tratamento adequado, como a desinfecção com cloro. Ressalta-se também que com o avanço dos anos existe uma tendência de ocorrer o agravamento do comprometimento da qualidade das águas por atividades antrópicas.

Diante dessa realidade, torna-se essencial analisar a qualidade da água que será fornecida pelos poços. Um laudo de análise da qualidade da água será apresentado junto aos demais documentos para o requerimento da outorga. Nesse laudo deverão ser analisados os parâmetros apresentados no Quadro 5.3. Outros parâmetros poderão ser incluídos, caso necessário.

Quadro 5.3 – Parâmetros de qualidade para águas subterrâneas.

Grupo	Parâmetros
Físico-químicos	pH, Condutividade, Alcalinidade OH, Alcalinidade CO ₃ ²⁻ , Alcalinidade HCO ₃ ⁻ , Turbidez, Dureza, STD, R. Seco 180°C
Microbiológicos	Escherichia coli, Bactérias Heterotróficas e Coliformes Totais.
Químicos inorgânicos	Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, Zn, F, Cl, NO ₂ ⁻ , Br, NO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , HCO ₃ ⁻
Químicos orgânicos:	Acrilamida, Bentazona, 2,4-D, 2,4,6-Triclorofenol, Pentaclorofenol, Alacloro, Aldrin, Dieldrin, Atrazina, Benzo[a]pireno, a-Clordano, g-Clordano, 2,4'-DDT, 4,4'-DDT, Endrin, Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan Sulfato, Heptacloro, Heptacloro epóxido A, Heptacloro epóxido B, Hexaclorobenzeno, Lindano (g-BHC), Metolacloro, Metoxicloro, Molinato, Pendimetalina, Permetrina, Propanil, Simazina, Trifluralina, Benzeno, Cloreto de Vinila, 1,2-Dicloroeteno, 1,1-Dicloroeteno, Cis 1,2-Dicloroeteno, Trans 1,2-Dicloroeteno, Diclorometano, Estireno, Etilbenzeno, Tetracloroeto de Carbono, Tetracloroeteno, 1,2,3-Triclorobenzeno, 1,2,4-Triclorobenzeno, 1,3,5-Triclorobenzeno, Tricloroeteno, Tolueno, m + p-Xileno, o-Xileno, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano, Clorofórmio, Bromofórmio, Gifosato (mg/L)

Fonte: Adaptado de CETESB (São Paulo).

A qualidade da água do poço deverá respeitar a legislação em vigor e estar de acordo com os limites máximos permitidos, visando os usos pretendidos. Para o consumo

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK <small>IBRD • IDA</small>
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

humano os padrões de qualidade são regidos pela Portaria GM/MS N° 888/2021 e para demais usos pela Resolução Conama n° 396/2008. Nas resoluções são apresentados todos os parâmetros analisados, de acordo com os usos preponderantes da água e com os limites de quantificação aplicáveis. De acordo com a legislação, os métodos de análise deverão ser definidos pelos laboratórios mediante a sua capacidade em respeitar os limites de quantificação aplicáveis para cada um dos parâmetros analisados.

Os laudos de qualidade da água deverão ser feitos em laboratório cadastrado ou obtidos em campo, para o caso dos parâmetros de campo, com equipamentos adequados, e deverão ser assinados por responsável técnico com CRQ. Além do laudo apresentado no momento da requisição da outorga, será considerado como condicionante da manutenção da outorga, a apresentação das análises de qualidade da água subterrânea com frequência mínima anual, abrangendo os parâmetros listados na legislação em vigor de acordo com o uso. A critério da AESA, alguns parâmetros poderão ser excluídos ou incluídos, dependendo das condições hidrogeológicas locais e das fontes potenciais de contaminação presentes no empreendimento.

5.1.3.2 Interferência entre os poços

A interferência entre poços é resultado do rebaixamento simultâneo que cada um dos poços em bombeamento provoca nos demais poços vizinhos, devido à expansão dos cones de depressão. Quando ocorre a interferência, ocorre um aumento do rebaixamento nos poços e, conseqüentemente, uma diminuição do rendimento e perda de vazão. Os processos de interferência coexistem em zonas urbanizadas com grande concentração de poços, como em João Pessoa. No caso dos aquíferos confinados, os cones de depressão são pouco profundos e se estendem por longas distâncias, da ordem de quilômetros. No caso de aquíferos livres, o cone de depressão é menos extenso e mais profundo. O raio de interferência varia com o tempo e a taxa de bombeamento.

O raio de influência dos poços é definido a partir de parâmetros hidrodinâmicos obtidos nos testes de aquíferos, como condutividade hidráulica, transmissividade, coeficiente de armazenamento e porosidade efetiva.

Os testes de aquífero consistem no bombeamento de um poço e acompanhamento da evolução do rebaixamento e da recuperação em um ou mais poços de observação, situados a uma distância conhecida em relação ao poço bombeado. Não havendo poços de observação, estimativas de transmissividade e condutividade hidráulica

 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

podem ser obtidas com testes realizados no próprio poço de bombeamento, tendo em consideração que esses valores representam um limite mínimo devido ao rebaixamento adicional provocado pelas perdas de carga não laminares. Testes realizados no próprio poço de bombeamento não permitem estimativas de coeficiente de armazenamento e porosidade efetiva.

Buscando determinar uma distância segura para minimizar a interferência entre poços de bombeamento, foram calculados raios de influência de poços nos aquíferos Beberibe e Barreiras, com base em parâmetros hidrodinâmicos de referência propostos por Costa et al. (2007), descritos no Produto 4. O raio de influência foi calculado através da Equação 1 a seguir:

$R = 1,5 \sqrt{\frac{T * t}{S}}$	Equação 1
----------------------------------	-----------

Onde: R é raio de influência; T é transmissividade; t é tempo de bombeamento e S é coeficiente de armazenamento ou porosidade efetiva.

Os valores dos parâmetros de transmissividade para os aquíferos Beberibe e Barreiras são, respectivamente, 0,0016 (m²/s) e 0,0017 m²/s. Já os valores dos coeficientes de armazenamento e porosidade efetiva dos respectivos aquíferos são 0,00015 e 0,05. Para os outros aquíferos não estão disponíveis os valores de coeficiente de armazenamento, impossibilitando o cálculo do seu raio de influência. O Quadro 5.4 mostra os raios de influência calculados considerando diferentes tempos de bombeamento.

Quadro 5.4 – Cálculo dos raios de influência para os aquíferos Beberibe e Barreiras.

Tempo de bombeamento (dias)	Raio de influência (m)	
	Aquífero Beberibe	Aquífero Barreiras
1	1.439	81
30	7.880	445
365	27.487	1.554

Observa-se no Quadro 5.4 que os raios de influência dos poços localizados nesses aquíferos variam de acordo com o tempo de bombeamento ao qual são submetidos. O aumento do tempo de bombeamento provoca o aumento do raio de influência do poço. Observa-se que o raio de influência no Aquífero Beberibe, em condições de confinamento, estende-se por longa distância, quando comparado com o do Aquífero Barreiras, de natureza livre. Além disso, essas interferências se somam onde há sobreposição dos cones, o que significa que esses raios podem ser ainda maiores.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

Embora a equação utilizada para a estimativa do raio de interferência seja bastante simplista, os resultados apresentados no Quadro 5.4 demonstram que a aplicação desse critério para outorga de poços deve ser orientativo, visto que os raios de interferência variam com o tempo, com a vazão de bombeamento e com a sobreposição dos cones.

Em função das características de cada tipo de aquífero, seja confinado, semiconfinado ou livre drenante, e do comportamento do fluxo subterrâneo – transitório (transiente) ou permanente (*steady state*), existe uma grande quantidade de métodos de interpretação dos testes de aquífero, desenvolvidos por diversos autores e integrados a softwares de interpretação. A definição da melhor metodologia, assim como o cálculo do raio de influência dos poços deve ser realizado por um profissional responsável técnico, devidamente habilitado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA.

Para a obtenção de outorga, é necessário que o usuário realize um teste de bombeamento no poço requerido. A partir da interpretação dos resultados desse teste são obtidas informações sobre as características hidrodinâmicas do aquífero e o raio de influência do poço. Neste estudo, recomenda-se um raio de influência mínimo de 1 km entre poços executados no Aquífero Beberibe confinado e de 250 m nos aquíferos livres. Finalmente, para minimizar a interferência entre poços de bombeamento, as seguintes estratégias podem ser adotadas: manter um distanciamento adequado entre os poços, de modo a reduzir a interferência entre eles; reduzir a vazão dos poços; monitorar níveis de água dos poços com foco nos rebaixamentos crescentes;

5.1.3.3 Rebaixamentos máximos permissíveis

O rebaixamento máximo “permissível” está atrelado à definição de uma cota de carga hidráulica considerada como um limite para a extração de água subterrânea em determinado local. A cota varia de acordo com o tipo de aquífero, apresentando limites diferentes para os sistemas livre e confinado. Para aquíferos confinados, o rebaixamento não deve ultrapassar a profundidade da base da formação geológica que o confina, evitando a compactação do aquífero e problemas relacionados à pressão nas reservas intersticiais. A cota de carga hidráulica pode ser estabelecida, no caso do aquífero confinado, no nível da base da unidade confinante Gramame (Figura 5.6). Como foi apresentado no Produto 3 - “Modelo conceitual com identificação das áreas de recarga do sistema aquífero Pernambuco-Paraíba” o aquífero Gramame apresenta uma espessura média de 50 m, que pode atingir até 100 m.

Dessa forma, deve-se identificar na Figura 5.6 em qual região do aquífero o poço está localizado, e a sua respectiva espessura.

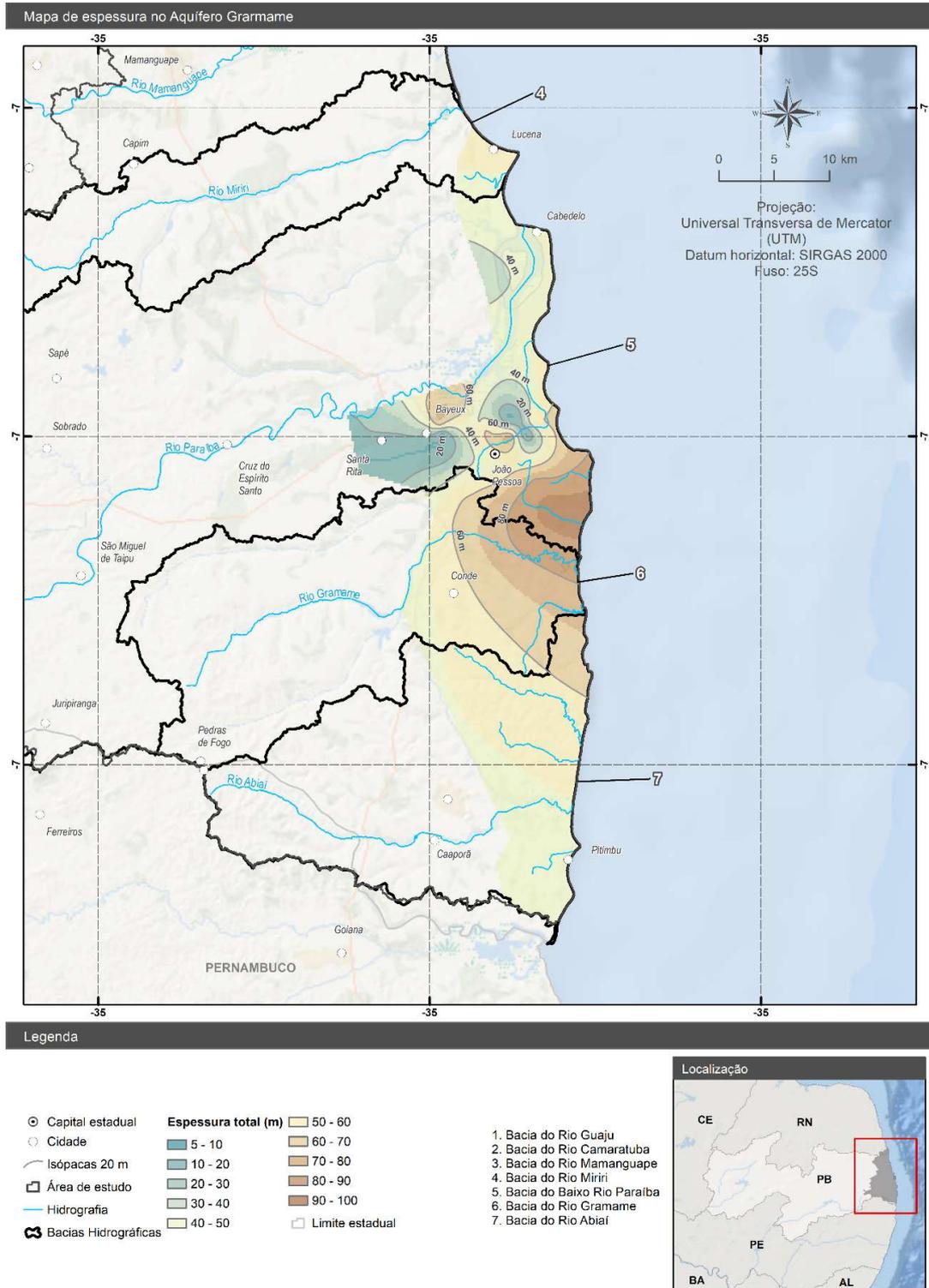


Figura 5.6 – Espessura do aquífero Gramame.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

Para o aquífero livre, a carga hidráulica deve ser monitorada sistematicamente e os dados analisados criteriosamente. Caso haja tendência de depleção (rebaixamento contínuo de níveis de água), as vazões devem ser ajustadas para equilibrar a extração com a recarga. É importante salientar que rebaixamentos expressivos ocorrem em zonas de grande concentração de poços, e não de modo uniforme por todo o aquífero. Dessa forma, não se deve definir uma carga hidráulica limite para o sistema livre. O Produto 5 da presente consultoria está desenvolvendo as bases para a rede de monitoramento das águas subterrâneas do SAPP. Essa rede deve monitorar os níveis em poços sem bombeamento de forma sistemática, de forma que a tendência de depleção poderá ser analisada com o passar do tempo a partir do olhar cuidados para os dados gerados pela rede.

5.1.3.4 Gestão da demanda

O Decreto Estadual nº 19.260/97 prevê em seu artigo 14 que todas as modalidades de outorga (cessão de uso, autorização de uso ou concessão de uso) estão condicionadas a comprovação de que o uso da água não cause poluição ou desperdício dos recursos hídricos. O desperdício dos recursos hídricos pode ser enfrentado a partir da gestão da demanda, que busca usar o recurso hídrico de maneira racional e evitando desperdícios. Dessa forma, para a obtenção da outorga, cada usuário será responsável por apresentar um plano informando as medidas que irá utilizar para evitar o desperdício e usar de maneira racional os recursos hídricos subterrâneos que lhe serão outorgados. O plano deverá conter a seguinte estrutura: contextualização, área de estudo, sistema atual e medidas propostas. Na contextualização deverão ser apresentados os assuntos que serão abordados no plano, com informações relevantes ao órgão gestor, como a descrição dos usos da água do poço de análise. No item “área de estudo” deverão ser apresentados dados sobre o local onde está instalado o poço, como endereço, nome do proprietário, mapa de localização e croqui construtivo do poço.

No item “sistema atual” deverá ser apresentado um croqui do sistema hidrossanitário no qual será utilizada a água do poço. O croqui deverá ser completo e contemplar toda a tubulação que leva a água do poço até o seu local de utilização. Além do croqui, deverão ser apresentadas as possíveis fontes de desperdício, como vazamentos em conexões e junções (em decorrência de peças danificadas ou desgastadas), tubulações corroídas ou danificadas (tubulações metálicas podem sofrer com furos, rachaduras e impactos físicos do ambiente em volta), bombas ineficientes (erro de dimensionamento ou vedação defeituosa nesses equipamentos), problemas de pressão (fazem com que a água vaze em pontos fracos da tubulação, como em válvulas ou conexões), defeitos em válvulas e conexões (válvulas e conexões mal

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD • IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

posicionadas ou defeituosas possibilitam a passagem de água), fugas em pontos de consumo (torneiras, mangueiras e outros pontos finais que apresentem goteiras ou vazamentos) e outras medidas específicas, que irão variar de acordo com a utilização da água.

Após a identificação dessas possíveis fontes de desperdício, deverão ser detalhadas no capítulo “medidas propostas” as atividades que sejam eficientes no combate as fontes de desperdício identificadas, justificando a necessidade da sua utilização. As medidas propostas podem contemplar alguns itens como: manutenção da rede (reparando problemas nas tubulações, válvulas e conexões), consertos nos equipamentos de bombeamento, controle do consumo pelas leituras de hidrômetros, entre outras medidas que visem mitigar os desperdícios.

Costa (2009) traz um exemplo referente as concessionárias de abastecimento de água, que utilizam a água para abastecimento humano, em que as medidas propostas deverão conter ações preventivas e corretivas na tubulação de adução de água, com o objetivo de reduzir as perdas por vazamentos e desperdício na rede de distribuição. Em complemento, para um usuário do setor industrial, a concessão de outorga estaria vinculada a apresentação de medidas de redução de desperdícios ou reuso da água. Já para a concessão de outorga de um usuário que deseja realizar a irrigação de sua propriedade, ela estaria vinculada a escolha do método de irrigação mais eficiente, evitando perdas de água.

As medidas devem ser acompanhadas por um cronograma, que busca representar o seu prazo de efetivação. No final do capítulo deverá ser apresentada a quantidade de água que, após a implementação das medidas, não será mais desperdiçada. O plano deverá ser elaborado por um profissional responsável técnico da área, devidamente habilitado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA, apresentando a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do serviço anexada ao plano.

É importante ressaltar que a instalação de um instrumento medidor de vazão, chamado hidrômetro, diretamente na tubulação de captação de água pelo poço pode ser adotada como uma medida do órgão gestor visando garantir que o usuário está utilizando somente a vazão que lhe foi outorgada.

5.1.3.5 Quadro resumo

Por fim, o Quadro 5.5 apresenta um resumo com os níveis, critérios e suas aplicações para a outorga de águas subterrâneas em cada uma das 14 subzonas, adaptado do modelo apresentando no trabalho de Costa (2009):

 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_Produto0 6_REV01	

Quadro 5.5 – Resumo dos critérios aplicados em cada subzona.

Níveis	Critérios	SUBZONAS																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Global	Disponibilidade de água subterrânea	60% do potencial de água subterrânea disponível para exploração																
	Prioridade de uso de águas superficiais	Verificar a possibilidade de utilização de recursos superficiais em comparação com os subterrâneos																
Regional	Prioridade de uso da água	Prioridade para abastecimento humano e dessedentação de animais																
	Intrusão Salina	1km					-				1km		-		1km		-	
	Disponibilidade da outorga em função das zonas de gerenciamento	Zona estável							Zona crítica		Zona de atenção		Zona estável		Zona de atenção		Zona estável	
	Vulnerabilidade	Média e alta											Média, alta e extrema		Média e alta			
Local	Qualidade da água	Verificar a classe de qualidade da água e ao uso que se destina em função da legislação vigente																
	Interferência entre poços	1 km entre poços no Aquífero Beberibe confinado e de 250m nos aquíferos livres																
	Rebaixamentos máximos permissíveis	Verificar os rebaixamentos máximos permissíveis em função da carga hidráulica, de acordo com a vazão requerida para outorga.																
	Gestão da demanda	Exigir plano de ação ou contingência, buscando a redução de perdas e desperdícios, de acordo com o tipo de usuário																

Fonte: Adaptado de Costa (2009).

*Nas regiões próximas a costa litorânea.

**Considerando um regime de bombeamento de 8h/dia.

 GOVERNO DA PARAIBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD - IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01	

5.1.4 *Usos dispensados prévia licença*

Estão dispensados de outorga, todavia sujeitos a cadastramento, poços com as seguintes finalidades de uso:

- a. Poços construídos com a finalidade de monitoramento de níveis e de qualidade da água subterrânea.
- b. Poços com a finalidade de rebaixamento do lençol freático, desde que não haja aproveitamento da água decorrente do rebaixamento.
- c. Poços utilizados para remediação de áreas contaminadas, sem uso do recurso hídrico.
- d. Poços localizados em regiões litorâneas com a finalidade de fazer o controle da intrusão da cunha salina em direção ao continente.
- e. Usos insignificantes com exploração de vazão a ser determinada pelo órgão gestor (AESAs).

Para os poços dispensados de prévia licença, sujeitos a cadastramento, os usuários deverão apresentar o relatório de perfuração, a ART do responsável técnico pela empresa de perfuração e os laudos hidroquímicos.

5.1.5 *Condicionantes de renovação de outorga*

Recomenda-se que a renovação da outorga seja feita a cada 10 anos, através da entrega de todos os documentos solicitados pelo órgão gestor, citados no capítulo 3, intitulado “Procedimentos gerais”. A escolha de 10 anos como período máximo para renovação da concessão de outorga foi feita com base na legislação vigente (Decreto Estadual nº 19.260/97), que prevê um prazo máximo de 10 anos, período no qual podem ocorrer mudanças significativas no uso do solo, demanda e oferta dos recursos hídricos da região.

Adicionalmente, o usuário deve fazer entregas anuais de análise da qualidade da água do seu poço. Os dados de qualidade de água serão incorporados na rede de monitoramento proposta no Produto 5 – Proposta para a rede de monitoramento quali-quantitativa de água subterrânea, mediante a análise hidroquímica da água a partir dos parâmetros citados no Produto 5. O órgão

 <p>GOVERNO DA PARAÍBA</p> 	<p>Tipo de Documento: Documento de trabalho</p> <p>Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01</p>	 <p>THE WORLD BANK IBRD - IDA</p>
--	---	--

gestor deverá confrontar os resultados da análise de qualidade da água com o enquadramento proposto para as águas subterrâneas do poço, analisando se a água está apta para o uso proposto pelo usuário. Destaca-se que não serão permitidas outorgas para poços que apresentarem metais pesados em suas análises de qualidade da água.

Além disso, qualquer tipo de alteração no uso, qualidade ou quantidade de água explotada, diferente do que foi concedido no pedido de outorga deve ser encaminhado ao órgão gestor para reanálise.

5.1.6 Poços desativados permanentemente

Poços desativados permanentemente deverão ser informados à AESA e avaliados para inserção na rede de monitoramento estadual, caso possuam condições adequadas. Tais condições podem ser avaliadas através de uma análise do poço, buscando avaliar o seu estado atual, como perfil do poço e análise de qualidade da água. Caso não atendam às condições técnicas exigidas deverão ser tamponados definitivamente. O tamponamento compreende o preenchimento do poço com material inerte – areia e/ou argila e/ou brita – e calda de cimento, de modo a evitar a penetração de água da superfície para o interior do poço. O procedimento de tamponamento deve ser feito de acordo com as instruções da NBR 12.244.

O tamponamento de poços contaminados deve ser feito com preenchimento total por calda de cimento, do fundo do poço até a superfície do terreno. O processo de tamponamento deverá ser documentado, fotografado e assinado por responsável técnico habilitado perante o CREA, exigindo-se a emissão de ART.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD - IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01	

6 CONCLUSÕES

O presente relatório teve como objetivo ser a fonte técnica de informações para a elaboração de uma resolução do CERH-PB sobre prévia licença de obra hídrica do tipo poço e para a outorga de direito de uso de águas subterrâneas. Para isso, foram apresentados critérios construtivos de obras hídricas do tipo poço com instruções e diretrizes para a perfuração de poços, seguindo as NBRs existentes. O usuário entregará ao órgão gestor um relatório contendo informações sobre a localização do poço, sistema aquífero presente, bacia hidrográfica, finalidade de uso da água subterrânea, o perfil construtivo do poço, o perfil litológico que ocorre ao longo da profundidade do poço, teste de bombeamento, proteção sanitária, entre outros. Para a outorga, foram apresentados critérios embasados na literatura através de estudos já realizados para regiões que contemplam a área de estudo. Os critérios foram divididos em três categorias, sendo elas: nível global, regional e local. Em nível global foram adotados os critérios de disponibilidade de água subterrânea e uso prioritário de águas superficiais. Em nível regional, foram adotados os critérios de usos prioritários da água, intrusão salina, disponibilidade de outorga em função das zonas de gerenciamento e vulnerabilidade

Analisando os impactos dos critérios nas subzonas de gerenciamento, as subzonas 1, 2, 3 4, 5, 10, 12 e 13 foram identificadas como mais suscetíveis a sofrer com a possível ocorrência de intrusão salina. Já a subzona 9 foi classificada como zona crítica, estando acima do limite de estresse hídrico, onde foi indicado que não seja permitida a perfuração de novos poços, salve a expressa necessidade para abastecimento humano ou dessedentação animal. Já nas subzonas 10 e 12, que também estão com os seus mananciais subterrâneos comprometidos, foi proposto que sejam outorgados novos poços somente para usos prioritários, como abastecimento humano ou dessedentação animal. Buscando a proteção dos recursos hídricos subterrâneos foi recomendada uma análise criteriosa dos pedidos de outorga para indústrias, em função do grande volume de água necessário para o seu abastecimento.

Na subzona 13, onde está presente o aquífero Gramame (região classificada como vulnerabilidade extrema), foram recomendadas medidas mais conservadoras para a proteção dos poços contra possíveis fontes de contaminação. Já em nível local, analisando o poço, foram definidos os critérios de qualidade da água, interferência entre poços, rebaixamentos máximos permissíveis e gestão da demanda. Também foram propostas diretrizes sobre

 <p>GOVERNO DA PARAÍBA</p>  <p>AESA</p>	<p>Tipo de Documento: Documento de trabalho</p> <p>Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01</p>	 <p>THE WORLD BANK IBRD - IDA</p>
--	---	--

usos dispensados de outorga, condicionantes de renovação de outorga e poços desativados permanentemente.

 <p>GOVERNO DA PARAÍBA</p>  <p>AESA</p>	<p>Tipo de Documento: Documento de trabalho</p> <p>Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01</p>	 <p>THE WORLD BANK IBRD - IDA</p>
--	---	--

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.212:1992. Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.244:2006. Poço tubular – Construção de poço tubular para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 2006.

ASUB (2010). Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas. Relatório Técnico Final. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

BATISTA, Marcondes Loureiro de Carvalho et al. Modelagem do fluxo subterrâneo na bacia sedimentar costeira do baixo curso do rio Paraíba. 2010.

BRAGA, Armando César Rodrigues et al. Avaliação de critérios para outorga de águas subterrâneas. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, v. 22, 2017.

BRAGA, Armando César Rodrigues; RÊGO, Janiro Costa; GALVÃO, C. de O. Variação intra-sazonal da potencialidade hídrica subterrânea e sua influência na outorga. Revista brasileira de recursos hídricos, v. 20, n. 3, p. 647-656, 2015.

BRASIL. Decreto Estadual nº 19.258, de 31 de outubro de 1997. Dispõe sobre a regulamentação do controle técnico das obras e serviços de oferta hídrica e dá outras providências. Diário Oficial da Paraíba, 31 de outubro de 1997. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DECRETO_15.pdf. Acesso em: julho 2024.

BRASIL. Decreto Estadual nº 19.260, de 31 de outubro de 1997. Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos da Paraíba. Diário Oficial do Estado da Paraíba, 31 de outubro de 1997.

BRASIL. Decreto nº 26.224, de 2005. Dispõem sobre a Regulamentação e a Estrutura Básica da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA e determina outras providências. Diário Oficial do Estado da Paraíba, 15 de setembro de 2005.

 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD - IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01	

BRASIL. Lei nº 7.779, de 2005. Dispõe sobre a criação da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Paraíba, 07 de julho de 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: julho 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 maio 2021.

CAMILA MACEDO MEDEIROS. Proposta para o enquadramento das águas subterrâneas na bacia sedimentar do baixo curso do rio Paraíba. 2012. 116 f. - Universidade Federal de Campina Grande, [s. l.], 2012.

CAMPOS, J. E. G., Gaspar, M. T. P., & Gonçalves, T. D. (2007). Gestão de recursos hídricos subterrâneos no distrito federal: diretrizes, legislação, critérios técnicos, sistema de informação geográfica e operacionalização. Relatório de Consultoria Técnica. BNWPP, IBRD, ADASA.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo. (2022). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2008. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

COSTA, Mirella Leôncio Motta e. ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIOS DE OUTORGA DE DIREITO DE USO PARA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2009. [s. l.], 2009.

 GOVERNO DA PARAÍBA 	Tipo de Documento: Documento de trabalho	 THE WORLD BANK IBRD - IDA
	Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01	

COSTA, Mirella; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; RÊGO, Janiro Costa; ALBUQUERQUE, José do Patrocínio Tomaz. Proposição de critérios de outorga para águas subterrâneas. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n. 1, p. 105-113, 2011.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/detalhe.php?ponto=2600008453>>. Acesso em: 15 maio. 2024.

CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M. R. Hidrología subterránea. 2. Ed. Barcelona: Omega, 1983. 2v.

Dagan, G., Bear, J., 1968. Solving The Problem Of Local Interface Upconing In A Coastal Aquifer By The Method Of Small Perturbations. Journal of Hydraulic Research 6, 15–44. doi: 10.1080/00221686809500218.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE-SP). Manual de Operação e Manutenção de Poços. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%208/Manual_Pocos_DAEE.pdf. 2007.

FEITOSA, Fernando A. Carneiro et al. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM, 2008.

Glover, R.E. 1959. The pattern of fresh-water flow in a coastal aquifer. J. Geophys. Res. 64: 457-459.

Governo do Estado da Paraíba. Projeto de Segurança Hídrica do Estado da Paraíba – PSH/PB.

HEM, J. D., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 3ª edição.

INSTITUTO GEOLÓGICO (IG). Roteiro Orientativo para delimitação de área de proteção de poço. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2015/06/roteiro-orientativo_2edicao_2012.pdf. 2012.

JACOB, C. E. Drawdown test to determine effective radius of artesian well. Transactions, American Society of Civil Engineers, v. 112, p. 1047-1064, 1947.

 <p>GOVERNO DA PARAÍBA</p> 	<p>Tipo de Documento: Documento de trabalho</p> <p>Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01</p>	 <p>THE WORLD BANK IBRD - IDA</p>
--	---	--

JACOB, C. E. Flow of ground water. In: ROUSE, H. (Ed.). Engineering Hydraulics. New York: John Wiley & Sons, 1950. p. 321-386.

OLIVEIRA, Aryane Mota de et al. Modelagem do avanço da cunha salina em sistema aquífero costeiro. 2016.

Produto 5 – Proposta para a rede de monitoramento quali-quantitativa de água subterrânea. Produto 4 - Delimitação de zonas e subzonas de gerenciamento, incluindo estimativas de potencial e disponibilidade das águas subterrâneas. Produto 3 - “Modelo conceitual com identificação das áreas de recarga do sistema aquífero Pernambuco-Paraíba”

ROCHA, Gerôncio Albuquerque; JORBA, Antônio Ferrer. Manual de operação e manutenção de poços. In: Manual de operação e manutenção de poços. 2007. p. 95-95.

Schmork, S., Mercado, A., 1969. Upconing of Fresh Water-Sea Water Interface Below Pumping Wells, Field Study. Water Resources Research 5, 1290–1311. doi: 10.1029/WR005i006p01290.

Strack, O.D.L., 1976. A single-potential solution for regional interface problems in coastal aquifers. Water Resources Research 12, 1165–1174. doi: 10.1029/WR012i006p01165.

WAHNFRIED, Ingo; HIRATA, Ricardo. Perímetros de proteção de poços: uma importante ferramenta para a sustentabilidade de mananciais públicos. Águas Subterrâneas, 2005.

 <p>GOVERNO DA PARAÍBA</p>  <p>AESA</p>	<p>Tipo de Documento: Documento de trabalho</p> <p>Cód. do Documento: SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoProfill_ Produto06_REV01</p>	 <p>THE WORLD BANK IBRD - IDA</p>
--	---	--

8 ANEXOS – MINUTA DA RESOLUÇÃO