

PROGRAMA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS
HÍDRICOS - PROÁGUA NACIONAL
Acordo de Empréstimo Nº 7420-BR
Banco Mundial

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E PROPOSIÇÃO DE MODELO DE GESTÃO COMPARTILHADA PARA OS AQUÍFEROS DA CHAPADA DO APODI, ENTRE OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO NORTE E CEARÁ.



Relatório Final - RF
Volume V
Modelo de Gestão

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério do Meio Ambiente

Izabella Mônica Vieira Teixeira

Ministra

Agência Nacional de Águas

Diretoria Colegiada

Vicente Andreu – Diretor-Presidente

Dalvino Troccoli Franca

João Gilberto Lotufo Conejo

Paulo Lopes Varella Neto

Paulo Rodrigues Vieira

Superintendência de Implementação e Programas e Projetos (Coordenação)

Ricardo Medeiros de Andrade

Humberto Cardoso Gonçalves

Superintendência de Outorga e Fiscalização

Francisco Lopes Viana

Flávia Gomes de Barros

Gerência de Águas Subterrâneas

Fernando Roberto de Oliveira

Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso

Flávio Soares do Nascimento

Marco Vinicius Castro Gonçalves

Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização

Carlos Alberto Martins (SEMARH/RN)

Elmo Marinho de Figueiredo (SEMARH/RN)

Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso (ANA)

Fernando Roberto de Oliveira (ANA)

Flávio Soares do Nascimento (ANA)

Hilda Renck Teixeira (ANA)

João Lucio Faria de Oliveira (COGERH/CE)

Liduina de Carvalho Costa (SRH/CE)

Luiz Amisterdan Alves de Oliveira (SRH/CE)

Marcelo Augusto de Queiróz (CAERN/RN)

Napoleão Quesado Jr.(COGERH/CE)

Nelson Césio Fernandes Santos (IGARN/RN)

Nelson Paiva Raulino de Souza (FUNCEME/CE)

Paula Stein (SEMARH/RN)

Paulo Miranda Pereira (COGERH/CE)

Vera Maria Lucas Ribeiro (SEMARH/RN)

Victor Ygor Bonfim de Melo (SRH/CE)

Zulene Almada Teixeira (COGERH/CE)

Consórcio PROJETEC/TECHNE (Coordenação Geral)

João Guimarães Recena

Luiz Alberto Teixeira

Antonio Carlos de Almeida Vidon

Gerência do Contrato

Marcelo Casiuch

Membros da Equipe Técnica Executora

João Manoel Filho (Coordenador)

Admilson da Penha Pachêco

Benjamim Bley de Brito Neves

Carla Maria Salgado Vidal

Cristiana Coutinho Duarte

Edilton Carneiro Feitosa

Joaquim Mota

José do Patrocínio Tomáz Albuquerque

José Geilson Alves Demetrio

Maria Marlúcia Freitas Santiago

Marivaldo Gonçalves da Silva

Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos

Nivaneide Alves de Melo

Paulo de Melo da Cunha Pedrosa

Roberto Kirchheim

Tiago Siqueira de Miranda

Carlos Danilo Câmara de Oliveira

Diogo Feitosa Setubal

Francisco Edjânio Rodrigues Ferreira

Pedro Vinícius de Souza

Rodrigo Holanda Ribeiro

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA

PROGRAMA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

**Acordo de Empréstimo N° 7420-BR
Banco Mundial**

**AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E
PROPOSIÇÃO DE MODELO DE GESTÃO COMPARTILHADA
PARA OS AQUÍFEROS DA CHAPADA DO APODI, ENTRE OS
ESTADOS DO RIO GRANDE DO NORTE E CEARÁ.**

Volume V

Modelo de Gestão

Novembro 2010

Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco B, L e M
CEP: 70610-200 , Brasília – DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Equipe:
Agência Nacional de Águas – ANA
Superintendência de Implementação de Programas e Projetos – SIP (Coordenação)
Superintendência de Outorga e Fiscalização - SOF

Elaboração e execução:
Consórcio PROJETEC-TECHNE

Todos os direitos reservados
É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará.

Vol. V – Modelo de Gestão.

Brasília: ANA, SIP, 2010.

1. Recursos hídricos
2. Chapada do Apodi
 - I. Projeto Proágua Nacional
 - II. Agência Nacional de Águas
 - III. Consórcio PROJETEC-TECHNE.

SUMÁRIO

Apresentação	12
6 – MODELO DE GESTÃO	14
6.1 – Introdução	15
6.1.1 - Definição do Marco Regulatório.....	15
6.1.2 - Objetivos.....	16
6.1.3 - Justificativa	17
6.1.4 - Delimitação Geográfica	17
6.1.5 - Caracterização Física	19
6.1.6 - Arranjo Institucional da Preparação do Marco Regulatório.....	23
6.2 – Conhecimento Técnico Científico dos Aquíferos da Chapada do Apodi	25
6.2.1 - Introdução.....	25
6.2.2 - Características Hidrogeológicas	25
6.2.3 - Bases Científicas para a Gestão	32
6.3 – Definição das Reservas e Demandas	45
6.3.1 - Conceitos e Metodologia	45
6.3.2 - Quantificação das Reservas	48
6.3.2.1 - Reservas em Exploração.....	48
6.3.2.2 - Reservas Reguladoras	54
6.3.2.3 - Reservas Permanentes	55
6.3.2.4 - Reservas Explotáveis	56
6.3.2.5 - Reservas Restantes	57
6.4 – O Caminho para a Gestão	60
6.4.1 - Introdução.....	60
6.4.2 - Zonas de Exploração do Aquífero (ZEA)	62
6.4.3 - Zoneamento de Qualidade	65
6.4.4 – Zoneamento de Vulnerabilidade e Risco	70
6.4.5 – Zoneamento de Rebaixamentos Máximos Permitidos (RMP)	74
6.5 – Diagnóstico Legal e Institucional	79
6.5.1 - Introdução.....	79
6.5.2 - Arcabouço Legal e Institucional	80
6.5.3 - Instrumentos de Gestão	90
6.5.3.1 – Outorga dos Direitos de Uso	90

6.5.3.2 - Outorgas na Área do Projeto	91
6.5.3.3 – Cobrança pelo Uso da Água.....	94
6.5.3.4 – Participação Pública na Gestão.....	96
6.6 – Implementação do Marco Regulatório	97
6.6.1 - Introdução	97
6.6.2 - Diretrizes para Gestão	97
6.6.2.1 - Outorga	97
6.6.2.2 - Monitoramento Quali-Quantitativo	103
6.6.3 - Arranjo Institucional para a Gestão dos Recursos Hídricos na Área do Projeto	105
6.6.3.1 - Texto Oficial do Marco Regulatório	107
6.6.3.2 - Revisão e Atualização	111
6.6.4 – Plano de Ação.....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 6.1 - Arcabouço geológico e sua correlação hidrogeológica.....	25
Tabela 6.2 - Síntese das Informações hidrogeológicas para a área em estudo.	40
Tabela 6.3 - Distribuição global dos poços cadastrados quanto à propriedade do terreno em setembro de 2002 e em setembro de 2009. Fonte: Volume III.	49
Tabela 6.4 - Distribuição dos poços cadastrados por aquífero e quanto à propriedade do terreno em 2009. Fonte: Volume III.....	50
Tabela 6.5 - Produção de água subterrânea por aquífero na área do Projeto, estimada para o ano de 2009. Fonte: Volume III.....	50
Tabela 6.6 - Relação dos 20 (vinte) principais usuários de água subterrânea na área de estudo. Fonte: Volume III.	52
Tabela 6.7 - Recarga avaliada por compartimento na área do Projeto, a partir do balanço hídrico (1979 – 2008). Fonte: Volume III.....	55
Tabela 6.8 - Reservas estimadas para o Rio Grande do Norte (2009).	59
Tabela 6.9 - Reservas estimadas para o Ceará (2009).	59
Tabela 6.10 - Reservas estimadas para a área do estudo (2009).	59
Tabela 6.11 - Leis Estaduais de recursos hídricos.	83

Tabela 6.12 - Marcos Legais estaduais específicos para as águas subterrâneas no Rio Grande do Norte.	85
Tabela 6.13 - Principais Marcos Legais estaduais específicos para as águas subterrâneas no Ceará.....	87
Tabela 6.14 - Situação geral das outorgas concedidas para água subterrânea na área do projeto.	92
Tabela 6.15 - Diretrizes básicas para a Gestão do Aquífero Jandaíra.....	101
Tabela 6.16 – Diretrizes de Outorga.	102
Tabela 6.17 – Coordenadas UTM dos pontos onde deverão ser executados poços para instalação de sensores para monitoramento automático de nível, temperatura e condutividade elétrica da água do aquífero Jandaíra na Chapada do Apodi (Fonte: Volume III). Datum: SAD69 e Meridiano Central 39° W.....	104
Tabela 6.18 - Coordenadas dos Vértices do Polígono que delimita a área de interesse para aplicação do Marco Regulatório.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6.1 - Esquema das componentes do Marco Regulatório.....	16
Figura 6.2 - Mapa de Localização da área de estudo.....	18
Figura 6.3 - Mapa Hipsométrico da área de estudo.....	21
Figura 6.4 - Mapa de drenagem e corpos d’água superficiais da área de estudo.	22
Figura 6.5 - Esquema do Arranjo Institucional durante a etapa de construção do Marco.	24
Figura 6.6 - Mapa geológico de ocorrência de unidades aquíferas com estruturas cársticas e poços cadastrados (Fonte: Volume II).	27
Figura 6.7 - Isópacas da Formação Açu (Fonte: Volume II).....	28
Figura 6.8 – Isópacas da Formação Jandaíra (Fonte: Volume II).	29
Figura 6.9 - Potenciometrias do aquífero Jandaíra resultantes de campanhas de agosto de 2009 (Fonte: Volume III).	36
Figura 6.10 - Potenciometrias do aquífero Jandaíra resultantes de medições de nível em janeiro de 2010 (Fonte: Volume III).	37
Figura 6.11 - Mapa de zoneamento da condutividade elétrica (CE) no aquífero Jandaíra em setembro de 2009 (Fonte: Volume IV).	38

Figura 6.12 - Mapa de zoneamento da condutividade elétrica (CE) no aquífero Jandaíra em janeiro de 2010(Fonte: Volume IV).	39
Figura 6.13 - Esquema conceitual do aquífero, situação modificada pela retirada de água subterrânea (modificado de Briefing Note Series- Banco Mundial/GW-MATE).	47
Figura 6.14 – Distribuição percentual de poços e respectivo uso da água subterrânea para os 20 maiores usuários. (Figura 4.12a, Volume III).	53
Figura 6.15 - Distribuição percentual da produção nos diferentes usos da água subterrânea, para os 20 maiores usuários (Figura 4.12b, Volume III).	53
Figura 6.16 - Roteiro para a estimativa das reservas reguladoras do aquífero Jandaíra, (Item 4.14 – Volume III).	54
Figura 6.17 - Roteiro para a estimativa das reservas permanentes dos aquíferos Jandaíra e Açú (item 4.14 - Volume III).	56
Figura 6.18 - Zonas de exploração do aquífero Jandaíra na Chapada do Apodi em 2009, definidas em função do balanço de entrada (recarga) menos saída por bombeamento de poços existentes, com localização de sensores para monitoramento (Fonte: Volume III).	64
Figura 6.19 - Zoneamentos relativos a qualidade das águas do aquífero Jandaíra, Classes segundo CONAMA (Fonte: Volume IV).	67
Figura 6.20 - Zoneamentos relativos a qualidade das águas do aquífero Jandaíra, Classes segundo tipos de água em função do STD (Fonte: Volume IV).	68
Figura 6.21 - Zoneamentos relativos a qualidade das águas do aquífero Jandaíra segundo classes de água para fins de irrigação (Fonte: Volume IV).	69
Figura 6.22 - Zoneamento das principais áreas de recarga do aquífero Jandaíra (Fonte: Volume III).	71
Figura 6.23 - Zoneamento da Vulnerabilidade do aquífero Jandaíra (Fonte: Volume IV).	72
Figura 6.24 - Zoneamento do risco de contaminação do aquífero Jandaíra (Fonte: Volume IV).	73
Figura 6.25 - Modelo conceitual hipotético utilizado nas simulações de RMP. 74	
Figura 6.26 – Áreas consideradas críticas conforme simulação 1.....	75
Figura 6.27 – Áreas consideradas críticas conforme simulação 2.....	77

ÍNDICE DE FOTOS

- Foto 6.1** – Arenito Açú, plano de acamamento com direção 54 Az mergulhando 11° para sudeste (ANA-56; 633531, 9453594). **Foto 2.14 (volume II)**. 30
- Foto 6.2** – Fraturas no arenito da Formação Açú, preenchidas por material carbonático, direção 38 Az (ANA-11;611985,9436144). **Foto 2.20 (volume II)**. 30
- Foto 6.3** – Fratura de direção 165 Az, com exibição do nível estático da água no aquífero Jandaíra (ANA-07; 626791, 9422768). **Foto 2.19 (Volume II)**..... 31
- Foto 6.4** – Dolina formada por colapso ou abatimento do Calcário Jandaíra. Localizada na região do Mato Alto, Baraúna – RN (ANA-44; 623652, 9445421). **Foto 2.35 (Volume II)**. 31

Apresentação

Este quinto e último volume do relatório final dos estudos realizados no âmbito do Projeto Apodi, trata do modelo de gestão dos aquíferos. Segundo os Termos de Referência são exigências à elaboração do Plano de Gestão Compartilhada dos Aquíferos Jandaíra e Açu na região da Chapada do Apodi, a observância dos fundamentos, objetivos e diretrizes da Lei 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Merecem ser destacados aqui dois princípios que permeiam esta Política: a gestão integrada e o desenvolvimento sustentável.

A gestão integrada deve ser feita considerando a quantidade e a qualidade de água nas distintas fases do ciclo hidrológico, particularmente entre as águas superficiais e subterrâneas.

O caráter de integração também diz respeito a uma abordagem sistêmica que incorpore os aspectos de ordem institucional, socioeconômico, além de padrões de uso e ocupação do solo.

O desenvolvimento sustentável deve se processar respeitando e preservando o meio ambiente, buscando-se sempre um equilíbrio social e econômico e permitindo igualdade de oportunidades às comunidades que se beneficiam dos corpos hídricos.

O caráter de sustentabilidade também se refere ao grau de participação social e institucional ocorrido durante a construção e implementação do processo de gestão.

De um modo geral, a gestão, para que possa funcionar adequadamente, se apoia em um tripé indissociável: o conhecimento técnico-científico, a base legal e a estrutura institucional, esta última incluindo a participação social na alocação dos recursos.

6 – MODELO DE GESTÃO

6.1 – Introdução

6.1.1 - Definição do Marco Regulatório

Sob a denominação do termo Marco Regulatório se entende um conjunto de diretrizes que permita exercer a utilização adequada dos corpos hídricos que conformam os aquíferos Jandaíra e Açu na região da Chapada do Apodi entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, com base no conhecimento explícito de suas características físicas avaliadas durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Trata-se do resultado de um processo de negociação e construção envolvendo dois Estados visando uma gestão compartilhada e o controle efetivo das regras a serem definidas.

O referido Marco Regulatório deve contemplar em seu escopo alguns temas considerados indispensáveis à gestão compartilhada:

- Definição da área geográfica de abrangência e dos respectivos corpos hídricos para os quais o mesmo foi concebido;
- Proposta de convergência do arcabouço legal de águas subterrâneas de ambos os Estados envolvidos, alicerçado em conhecimento técnico construído de forma conjunta;
- Proposta de normatização dos instrumentos de gestão, outorga, cobrança, fiscalização, penalização, monitoramento e planejamento a curto, médio e longo prazo;
- Conjunto de programas de capacitação e reforço institucional a serem desenvolvidos em ambos os Estados;
- Proposta de arranjo institucional factível e passível de ser implementada pelos respectivos órgãos gestores estaduais.

O conjunto de temas recém abordados faz com que o Marco Regulatório deva ser interpretado como Plano de Gestão Compartilhada, como em alguns pontos deste relatório é feita a referência.

Este Plano de Gestão Compartilhada vai se basear em uma visão pragmática da gestão, considerando os desafios, deficiências e potencialidades dos respectivos órgãos gestores estaduais para gerenciamento dos riscos avaliados e proposição de medidas de proteção aos aquíferos.

Neste sentido, não se busca a reengenharia institucional, mas sim prover diretrizes efetivas de fácil implementação, capazes de alterar o estado atual do uso das reservas de água subterrânea e convergir na direção de uma exploração ótima e equilibrada.

O esquema da **figura 6.1** ilustra os vários aspectos e componentes do Marco Regulatório.

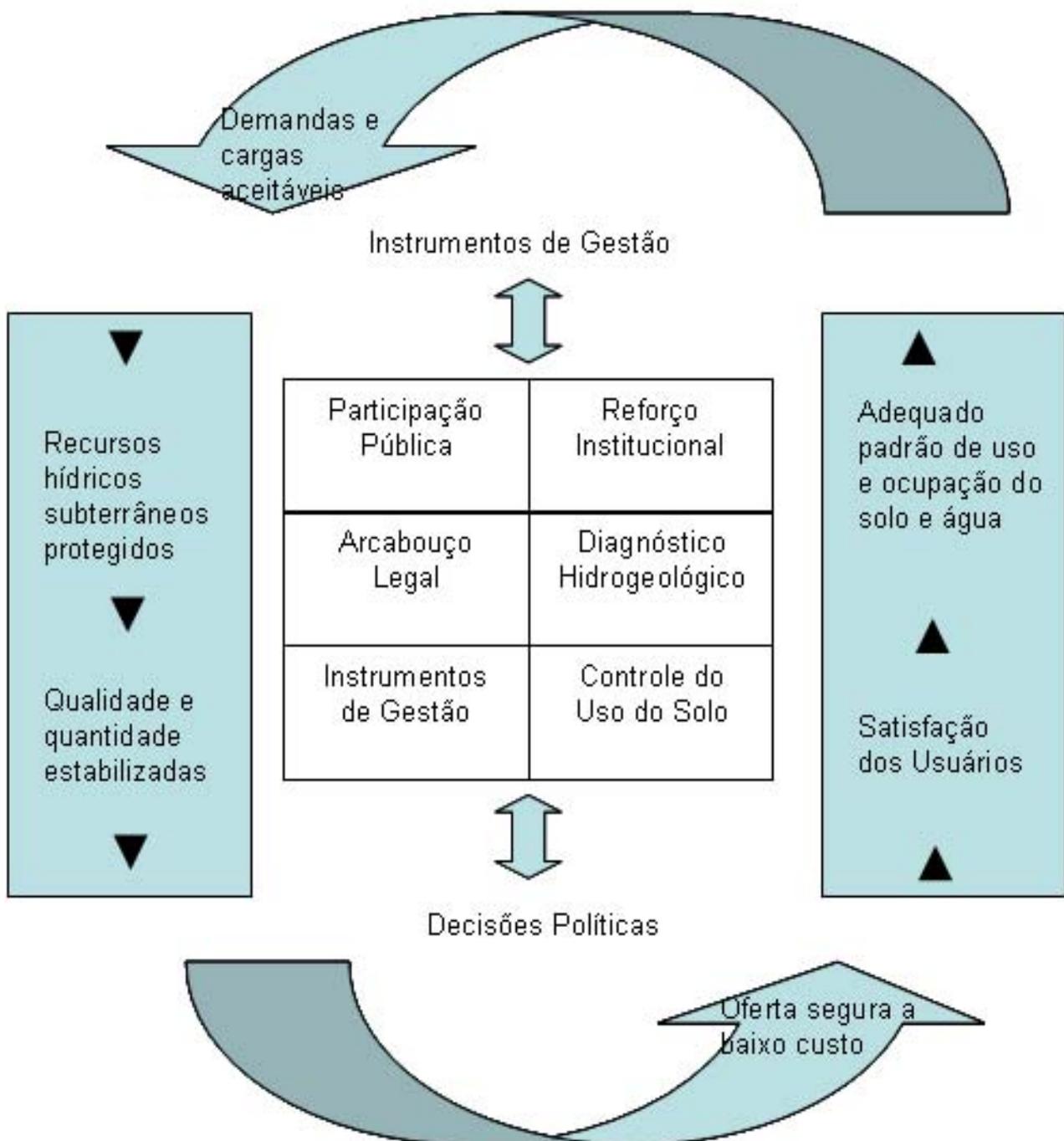


Figura 6.1 - Esquema das componentes do Marco Regulatório.

6.1.2 - Objetivos

O objetivo precípua deste Plano de Gestão Compartilhada é o desenvolvimento de um acordo técnico-político entre os dois Estados que propicie alcançar uma situação de uso racional e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos da Chapada do Apodi.

A concretização deste objetivo implica não somente na ampliação do conhecimento destes sistemas aquíferos desde a perspectiva de suas geometrias, dinâmicas, quantidade, qualidade, reservas e extrações atuais e futuras, mas também o desenvolvimento de alianças e parcerias capazes de alicerçar e alavancar o processo até sua completa implementação.

6.1.3 - Justificativa

O conjunto de atributos físicos da região, aliando solos de boa qualidade e a disponibilidade de águas subterrânea e superficial (lembrando que a média pluviométrica é da ordem de 850 mm/ano), constitui-se em fator fundamental para o desenvolvimento de inúmeros perímetros irrigados. Ditos sistemas produtivos baseiam-se na fruticultura irrigada visando à exportação da produção para os mercados externos.

A exploração crescente dos reservatórios subterrâneos existentes na região, em determinadas circunstâncias, pode acarretar em externalidades negativas, como rebaixamentos excessivos dos níveis estáticos e dinâmicos da água dos respectivos aquíferos, levando ao comprometimento de poços tubulares e, como consequência, gerar retração econômica e problemas de abastecimento de água à comunidades urbanas e rurais da região.

Este cenário ocorreu principalmente no entorno do município de Baraúna/RN, que possui a maior concentração de irrigantes na região da Chapada do Apodi, com expressiva importância econômica.

Os rebaixamentos nesta região foram considerados emblemáticos e acabaram motivando forças técnicas e políticas nas esferas estaduais e federal.

Assim, neste contexto, é que foi concebido um projeto para avaliação dos recursos existentes, não somente interessado na expansão do conhecimento técnico, como também na proposição de um modelo de gestão compartilhada das reservas subterrâneas destes aquíferos entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, na Chapada do Apodi com o objetivo maior de ofertar garantia de acesso ao recurso.

O envolvimento coordenado entre Agência Nacional de Águas subterrâneas (ANA) e os Órgãos Gestores Estaduais e a conformação de uma Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização (CTAF) com reuniões permanentes para avaliação dos levantamentos e estudos empreendidos são indicativos importantes do tipo de arranjo institucional que se fará necessário.

6.1.4 - Delimitação Geográfica

A área de estudo, cobre uma superfície de 2.585 km² situada na região fronteira dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. É delimitada por um polígono que se desenvolve de leste para oeste entre os Rios Apodi, na altura da cidade de Mossoró, e Jaguaribe, na altura da cidade de Quixeré (**figura 6.2**).

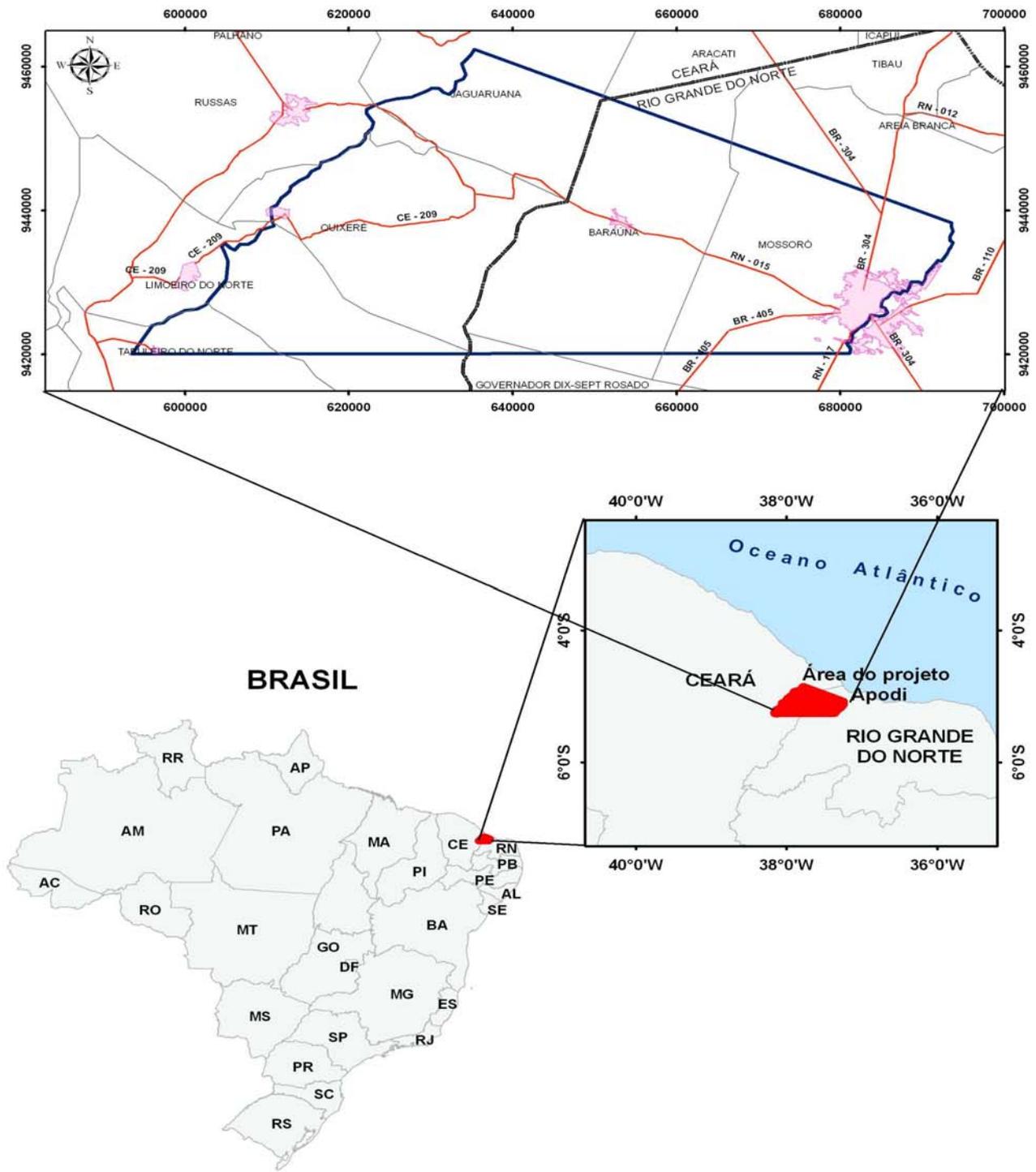


Figura 6.2 - Mapa de Localização da área de estudo.

No setor oeste, no lado Cearense, contém parte dos Municípios de Tabuleiro do Norte, Limoeiro do Norte, Quixeré e Jaguaruana.

A leste, no lado Potiguar, inclui parcialmente os Municípios de Baraúna e Mossoró.

6.1.5 - Caracterização Física

A região sob análise, do ponto de vista topográfico, pode ser dividida em compartimentos morfológicos, os quais são ilustrados pelo Mapa Hipsométrico da **figura 6.3**. De forma geral estes compartimentos são assim caracterizados:

- Os vales dos rios Apodi/Mossoró, a leste, e do rio Jaguaribe a oeste, com cotas que variam de 0 m na linha costeira até aproximadamente 20 m ao longo dos rios até a altura da área do projeto;
- A transição do vale do Apodi para a chapada numa faixa de cotas compreendidas entre 50 e 100 m. Nessa faixa, com largura que varia de 10 km a 25 km, a declividade do terreno supera os 5 m/km e possibilita o desenvolvimento de uma rede de drenagem superficial marcada pela presença de alguns riachos. Esses riachos escoam, a partir da Chapada, principalmente para leste em direção ao vale do Apodi e para norte em direção ao oceano.

Observa-se que esta parametrização topográfica acaba sendo determinante na forma com que se desenvolvem os processos de drenagem superficial e subterrânea (principalmente se considerado o Jandaíra). Cada um destes compartimentos apresenta características específicas de drenagem e de comportamento, conforme ilustrado pelo Mapa de drenagens da **figura 6.4** e descrito a seguir:

Compartimento 1: Área pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe situada a oeste e que drena os cursos d'água originados nas vertentes ocidentais da cuesta da Chapada do Apodi. A chuva média do compartimento é de 692,5 mm/ano. Aí dominam riachos temporários, de pequena extensão e forte declividade cujas nascentes são condicionadas por fontes que emergem nas encostas a partir dos calcários Jandaíra, nos períodos de recarga. Muitos desses riachos formam lagoas na sua parte terminal, antes de alcançar o rio Jaguaribe. Nessa bacia hidrográfica a drenagem superficial e subterrânea se realiza sobre os sedimentos da Formação Açu aflorante, representados por folhelhos e siltitos da Formação Quebradas. Nota-se que esta zona está totalmente compreendida nos limites do estado do Ceará.

Compartimento 2: Área que pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Apodi, situada a leste e que drena os cursos d'água formados a partir da linha divisória de águas superficiais que atravessa a área do projeto, de sudoeste para noroeste, em toda a sua extensão. A partir dessa linha divisória (cujas cotas chegam a 250 m na Serra Mossoró), a drenagem se realiza quase inteiramente no Município de Mossoró, através de cursos d'água orientados de NW para SE (riachos Cabelo Negro, Pajeú e Nogueira Grande), e orientados de NNW para SSE (Riacho Grande e Riacho do Junco), em direção ao vale do rio Apodi. A chuva média do compartimento varia de 191,4 mm/ano a 2319,2 mm /ano, configurando um quadro de extrema irregularidade. Nessa bacia, o desenvolvimento da rede de drenagem superficial se realiza principalmente

sobre a Formação Barreiras e secundariamente sobre as porções dos calcários da Formação Jandaíra, interdigitadas por intercalações de folhelhos da Formação Quebradas. Nota-se que esta zona está totalmente compreendida nos limites do estado do Rio Grande do Norte.

Compartimento 3: Área situada entre as bacias dos rios Apodi-Mossoró e Jaguaribe que ocupa a parte principal da área de estudo e inclui a região de fronteira entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte. A chuva média no compartimento varia de um mínimo de 185,1 mm/ano a 2175,8 mm /ano. O valor da média com 95% de confiança situa-se no intervalo de [584,3 a 861,3] mm/ano confirmando a irregularidade sugerida pelo balanço hídrico e já caracterizada nos outros compartimentos da área do projeto. De acordo com os resultados do balanço hídrico a chuva média anual com 50% de probabilidade é de 722,8 mm e igual a 247,3 mm com 90% de probabilidade. No Ceará, engloba parcialmente os Municípios de Jaguaruana, Quixeré, Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte; no Estado do Rio Grande do Norte são incluídas partes dos Municípios de Dix-Sept Rosado, Baraúna e Mossoró. Para efeitos deste estudo, toda esta região foi denominada de Mata Fresca ou micro-bacia do Mata Fresca (em função da existência de uma drenagem com este nome). Neste compartimento foram identificadas duas sub-áreas com características hidrológicas e geológicas marcantes:

- **Sub-área cárstica sem drenagem superficial:** com 750 km² (445 km² no Ceará e 305 km² no Rio Grande do Norte) correspondente à porção da sub-bacia do Mata Fresca, que ocupa toda a parte centro sul e sudoeste da área do projeto formada por uma superfície estrutural plana, característica da Chapada do Apodi. Esta superfície se desenvolve com mergulho suavemente inclinado na direção geral NE, exibindo inúmeras pequenas depressões isoladas que na verdade são aberturas formadas por fenômenos cársticos. Toda essa área é destituída de rede de drenagem superficial, e nela as águas pluviais se infiltram diretamente nos sumidouros e cavernas existentes. Significa afirmar que todo excedente hídrico se converte em recarga efetiva.
- **Sub-área cárstica, com drenagem superficial incipiente:** com 575 km² (150 km² no Ceará e 425 km² no Rio Grande do Norte) pode ser caracterizada a partir da altura da rodovia Baraúna-Quixeré (RN-015/CE-209), como uma extensão da área cárstica anterior, porém com uma drenagem superficial incipiente, cuja existência se deve a transbordamentos de águas subterrâneas infiltradas nos carsts da zona sul. Nele se encontram os riachos formadores da drenagem Mata Fresca, a qual ultrapassa os limites da área do projeto e prossegue até o seu exutório final, na foz com o Oceano Atlântico.

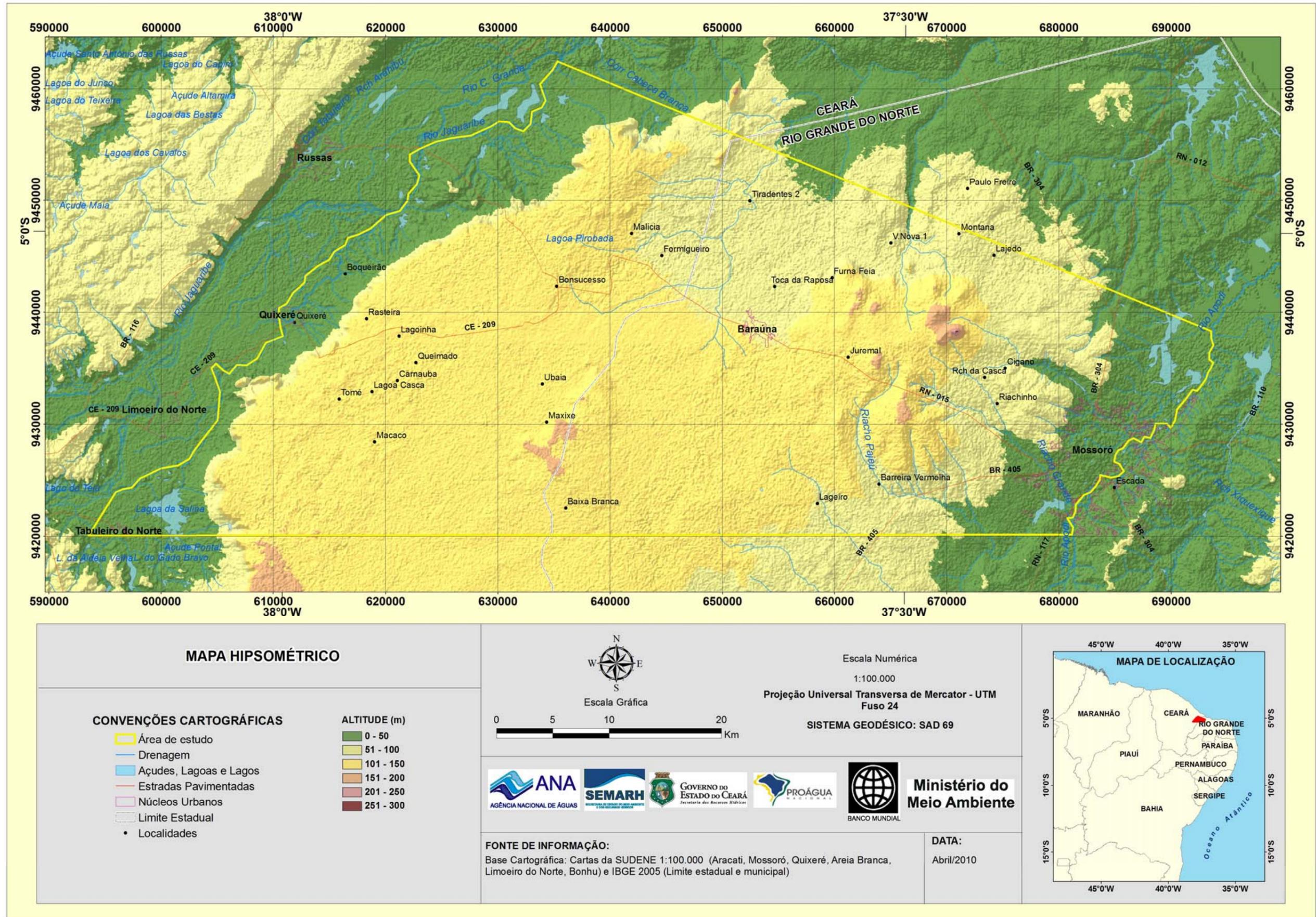


Figura 6.3 - Mapa Hipsométrico da área de estudo.

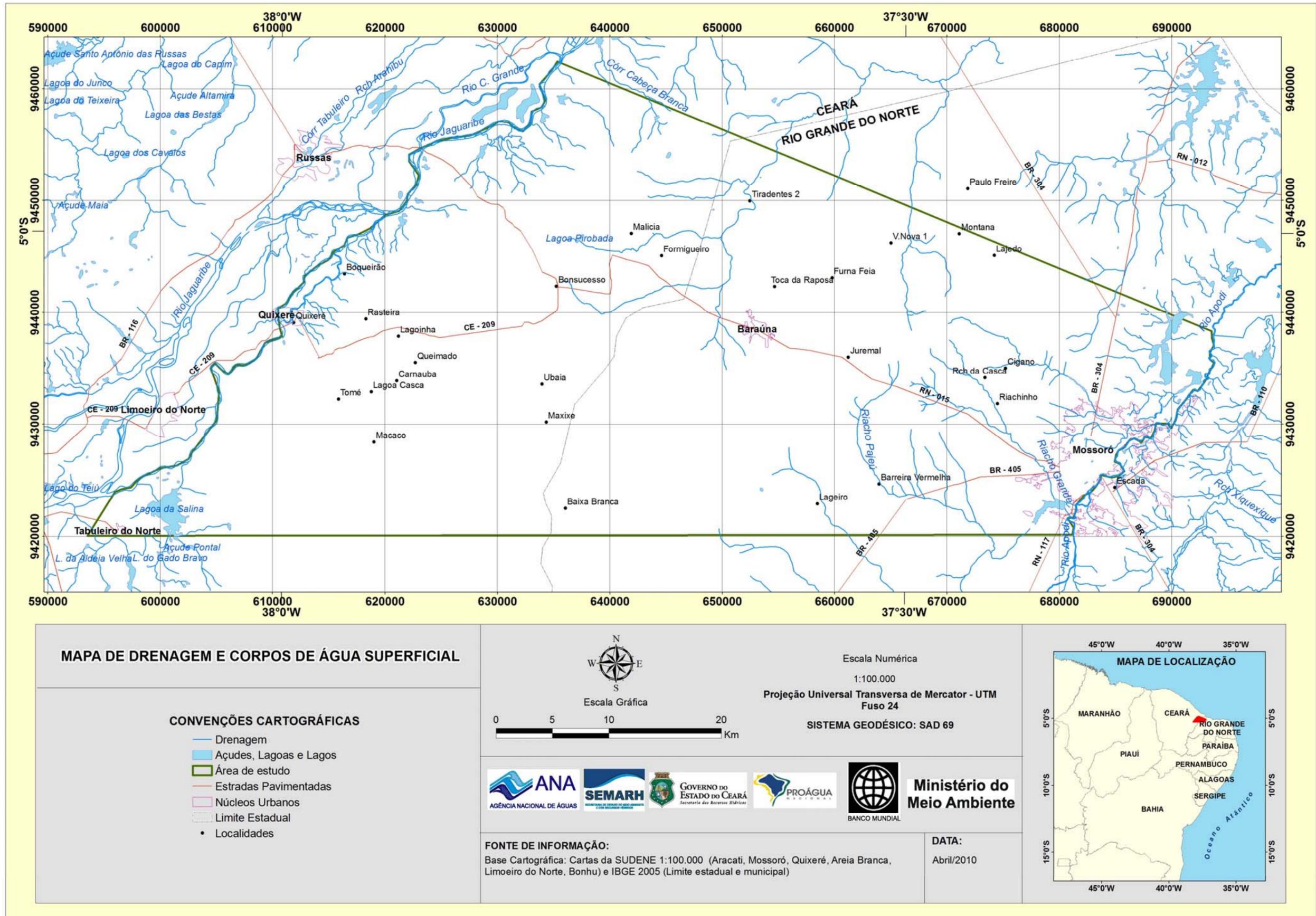


Figura 6.4 - Mapa de drenagem e corpos d'água superficiais da área de estudo.

6.1.6 - Arranjo Institucional da Preparação do Marco Regulatório

O desenvolvimento do presente Marco Regulatório deve ser interpretado como um processo participativo e construtivo de convergência de expectativas entre atores institucionais. Neste sentido é importante resgatar todo o arranjo institucional montado para o desenvolvimento do mesmo, identificando os atores e os mecanismos de tomada de decisão e de resolução de impasses.

Em 2003, o Estado do Rio Grande do Norte acionou a ANA com vistas a solicitar apoio para a realização de estudos hidrogeológicos na região de Baraúna, onde estava ocorrendo fortes rebaixamentos de níveis do Aquífero Jandaíra. A Agência prontamente atendeu, contratando estudos de geofísica. Em 2004 foi realizado o primeiro seminário conjunto, envolvendo Ceará, Rio Grande do Norte e ANA. Nesse ínterim, em 2006, os dois estados celebram um Termo de Cooperação Técnica com vistas à gestão conjunta das águas subterrâneas nos aquíferos compartilhados, quando cada estado iria realizar suas avaliações hidrogeológicas separadamente. Posteriormente, em 2007, a Agência Nacional de Águas passa a ser uma das parceiras do Termo, e propõe que ao invés de cada estado realizar seus estudos separadamente, que se planejasse um estudo único, contemplando as demandas de cada Estado. Assim foi realizado, resultando no presente Estudo.

Todo o processo de participação institucional ocorreu no âmbito de uma Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização (doravante denominada de CTAF), arranjo institucional utilizado desde a primeira reunião em 21 de janeiro de 2009. Sua composição já havia sido prevista à época da assinatura do Termo de Cooperação Técnica celebrados entre ambos os Estados em 22 de fevereiro de 2006.

A CTAF, também foi prevista no edital de licitação dos estudos, de forma que os estados participassem ativamente no acompanhamento, avaliação e fiscalização dos estudos contratados, internalizando ao máximo os conhecimentos gerados durante a sua execução. Os Estados serão os principais usuários dos resultados, nas suas rotinas de gestão de águas subterrâneas.

A Agência Nacional de Águas (ANA) assume o papel de mediação e condução dos trabalhos na qualidade de contratante legal dos trabalhos de consultoria. A Consultora, no caso o Consórcio PROJETEC/TECHNE, demandada pela CTAF, em concordância com os termos de referência do referido contrato, tem a função de organizar, sistematizar e apresentar todo o conjunto de informações da região. Neste processo, com base no nível de informação disponível, uma série de decisões técnicas vão sendo tomadas, em regime de consenso, pela CTAF, as quais deverão necessariamente estar refletidas no conteúdo do referido Marco Regulatório.

A **figura 6.5** apresenta um esquema do arranjo institucional utilizado durante a construção do Marco Regulatório. Ressalta-se os três níveis de atuação bem estabelecidos, o de mediação e condução desempenhado pela ANA, o de tomada de decisões recaindo sobre os Estados e o de produção e sistematização de informação técnica sob responsabilidade da Consultora.

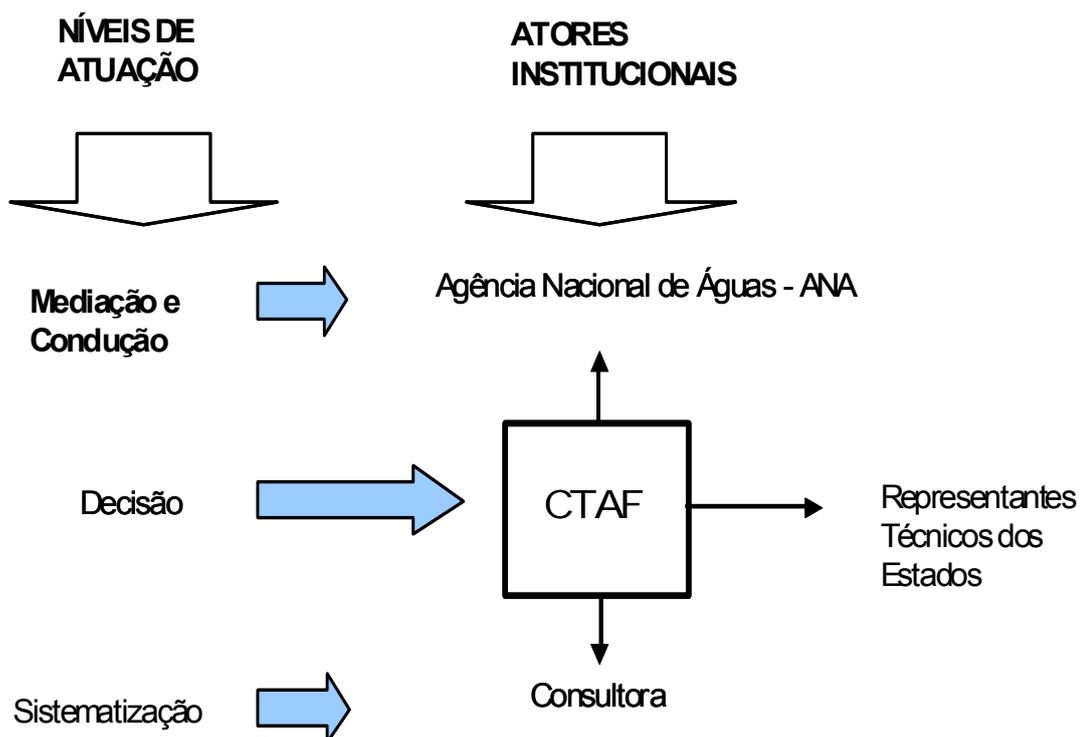


Figura 6.5 - Esquema do Arranjo Institucional durante a etapa de construção do Marco.

A participação institucional ao projeto conforme mencionado foi garantida e concretizada no âmbito da CTAF com a presença dos mais importantes atores relacionados à gestão das águas subterrâneas em ambos os Estados. De forma bastante sintética, constata-se o envolvimento total de 18 técnicos, sendo 8 de representantes do Ceará, 6 de representantes do Rio Grande do Norte e 4 da ANA.

6.2 – Conhecimento Técnico Científico dos Aquíferos da Chapada do Apodi

6.2.1 - Introdução

Como não poderia ser diferente, em se tratando de corpos aquíferos e da água subterrânea que através dos mesmos se movimenta, a compreensão do arcabouço geológico/hidrogeológico é indispensável. Certamente por esta razão que houve a concordância entre os atores institucionais participantes desta iniciativa em que amplos esforços analíticos e financeiros fossem destinados na obtenção de informação básica e primária. Todas as análises empreendidas servem ao propósito de melhor definir e compreender a dinâmica das águas subterrâneas dos aquíferos Jandaíra e Açú na região da Chapada do Apodi entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará.

6.2.2 - Características Hidrogeológicas

Uma vez identificada a região de interesse e suas dimensões em área, se faz necessário definir com precisão qual o intervalo geológico/estratigráfico sobre o qual o presente Marco Regulatório pretende interferir. A **tabela 6.1** abaixo apresenta os intervalos estratigráficos de interesse e sua respectiva nomenclatura geológica e hidrogeológica.

Tabela 6.1 - Arcabouço geológico e sua correlação hidrogeológica.

Cronologia	Litoestratigrafia		Litologia	Unidades Aquíferas	Características Principais
	Grupo	Formação			
Quaternário			Qa-Aluviões arenosos a argilosos	Aquíferos livres muito restritos	
			Qp-Dunas de areias bem selecionadas, amarelas, inconsolidadas	Aquíferos livres muito restritos	
			Qm-Depósitos de planícies de marés	Aquíferos livres muito restritos	
Tercio-quaternário	Barreiras		TQb-Arenitos finos a médios com conglomerados, siltitos e argilitos intercalados	Aquíferos livres	
			TQc-Paleocascalheiras incluindo arenitos médios	Aquíferos livres	
Mesozóico/ Cretáceo	Apodi	Jandaíra	Kj-calcários e calcarenitos diversos	Porção superior Aquífero Livre	grande potencial
				Porção inferior Aquífero livre a semi-confinado	potencial mediano
		Quebradas	Kq-folhelhos e carbonatos	Aquitardo	Camada semi-permeável
		Açú	Ka-arenitos finos a grosseiros e conglomerados	Aquífero Confinado	grande potencial
	Areia Branca	Alagamar	Kal-arenitos e folhelhos	Limite impermeável	
	Pendência	Kp-folhelhos	Limite impermeável		
Pré-Cambriano			Granitóides e Metamorfitos indivisos	Limite impermeável	

Fonte: adaptado do Volume II.

Assim sendo, as unidades aquíferas de interesse na região do Projeto são individualizadas da seguinte forma: Aquífero Açú e Aquífero Jandaíra. O primeiro, mais profundo, é materializado pela Formação Açú e possui característica semi-confinada a confinada, constituído de vários níveis aquíferos separados por camadas argilosas com função de aquitardos internos. O aquífero Jandaíra, sotoposto ao anterior, é representado pela Formação Jandaíra¹). Ressalta-se que a unidade aquífera Jandaíra possui duas porções com comportamentos hidrogeológicos distintos, uma superior, correspondendo aos primeiros 100 m e outra inferior, relacionada as suas porções mais basais. A primeira é de natureza cárstica e pode ser considerada como de maior potencial hidrogeológico contrastando com a porção inferior que apresenta menor potencial hidrogeológico e mais escasso registro técnico.

O nível da Formação Jandaíra atualmente explotado para irrigação, no Rio Grande do Norte e no Ceará, são os calcários superiores (calcário 1). De acordo com informações do poço exploratório P1-FP – Sítio Furna de Pedra, a zona carstificada produtora situa-se entre profundidades variando entre 40 e 50 m. Nas zonas onde os folhelhos ocuparam a posição do calcário 1, por interdigitação, o calcário 2 pode ser alcançado por perfurações a profundidades superiores a 60 m. Não sabemos, entretanto, se houve aí desenvolvimento apreciável de carstificação. Por essa razão, mas principalmente, por questões econômicas, o chamado calcário 1 (calcários mais superiores) permanece prioritário para captação de água subterrânea.

A litoestratigrafia descrita na **tabela 6.1**, anterior, é complementada pelo mapa de ocorrência de unidades aquíferas com estruturas cársticas e poços cadastrados na área de estudo, apresentado na **figura 6.6**.

Já os aspectos geométricos de ambos os reservatórios são trazidos à tona, respectivamente, pelos mapas da **figura 6.7** (isópacas do aquífero Açú) e da **figura 6.8** (isópacas do aquífero Jandaíra).

Feições estruturais de campo, exibidas pelo arenito Açú, podem ser vistas nas **fotos 6.1 e 6.2** (que correspondem, respectivamente, às **fotos 2.14 e 2.20 do Volume II**).

Feições cársticas típicas da Formação Jandaíra aparecem nas **fotos 2.3 e 2.4** (correspondentes, respectivamente, às **fotos 2.19 e 2.35 do Volume II**).

¹ Entre as duas unidades intercala-se a **Formação Quebradas**, de natureza argilosa, constituindo o **aquitardo** homônimo através do qual ocorrem filtrações verticais ainda não totalmente compreendidas, mas atribuídas a caminhos preferenciais de fluxo criados provavelmente por falhas e fraturas.

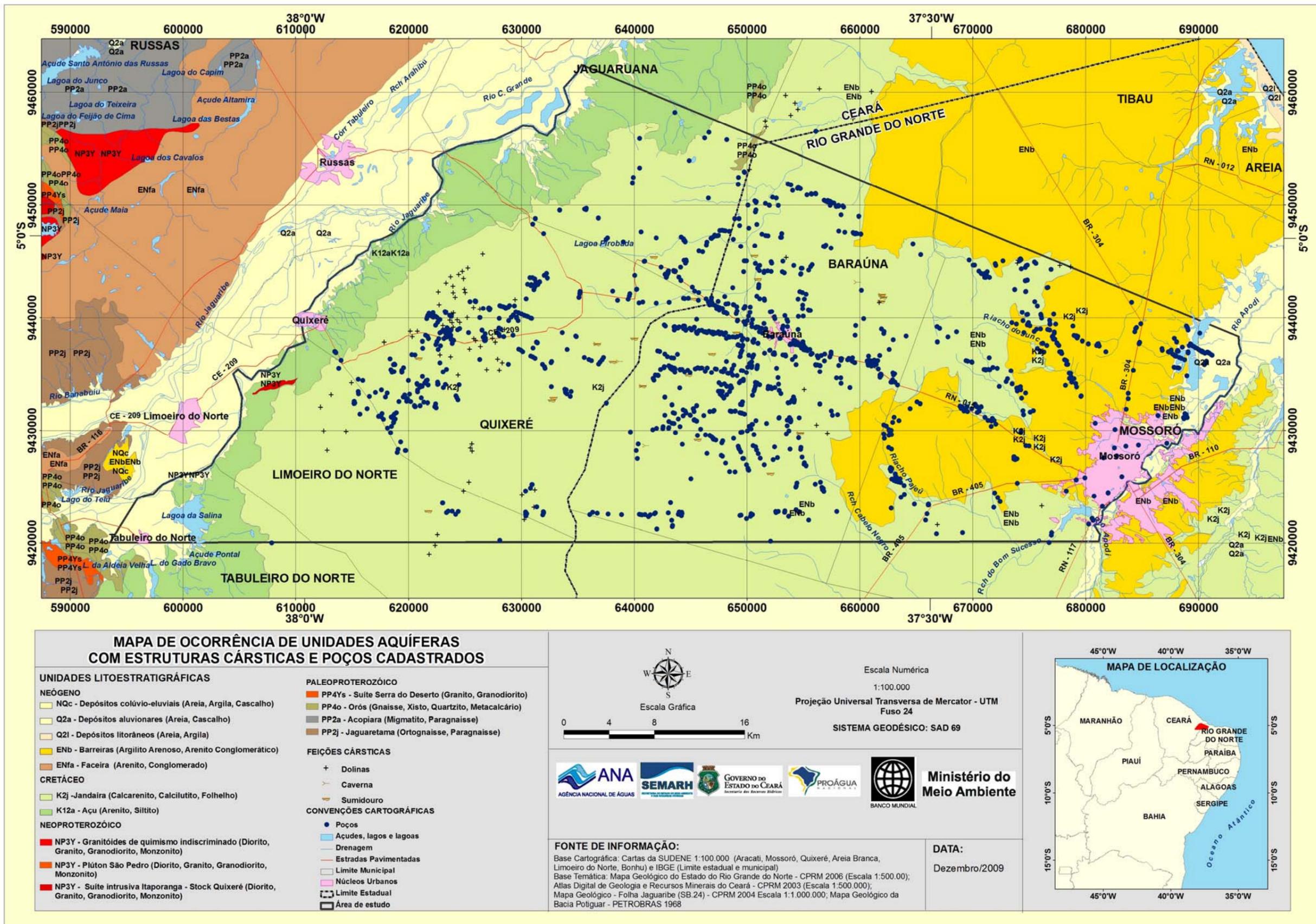


Figura 6.6 - Mapa geológico de ocorrência de unidades aquíferas com estruturas cársticas e poços cadastrados (Fonte: Volume II).

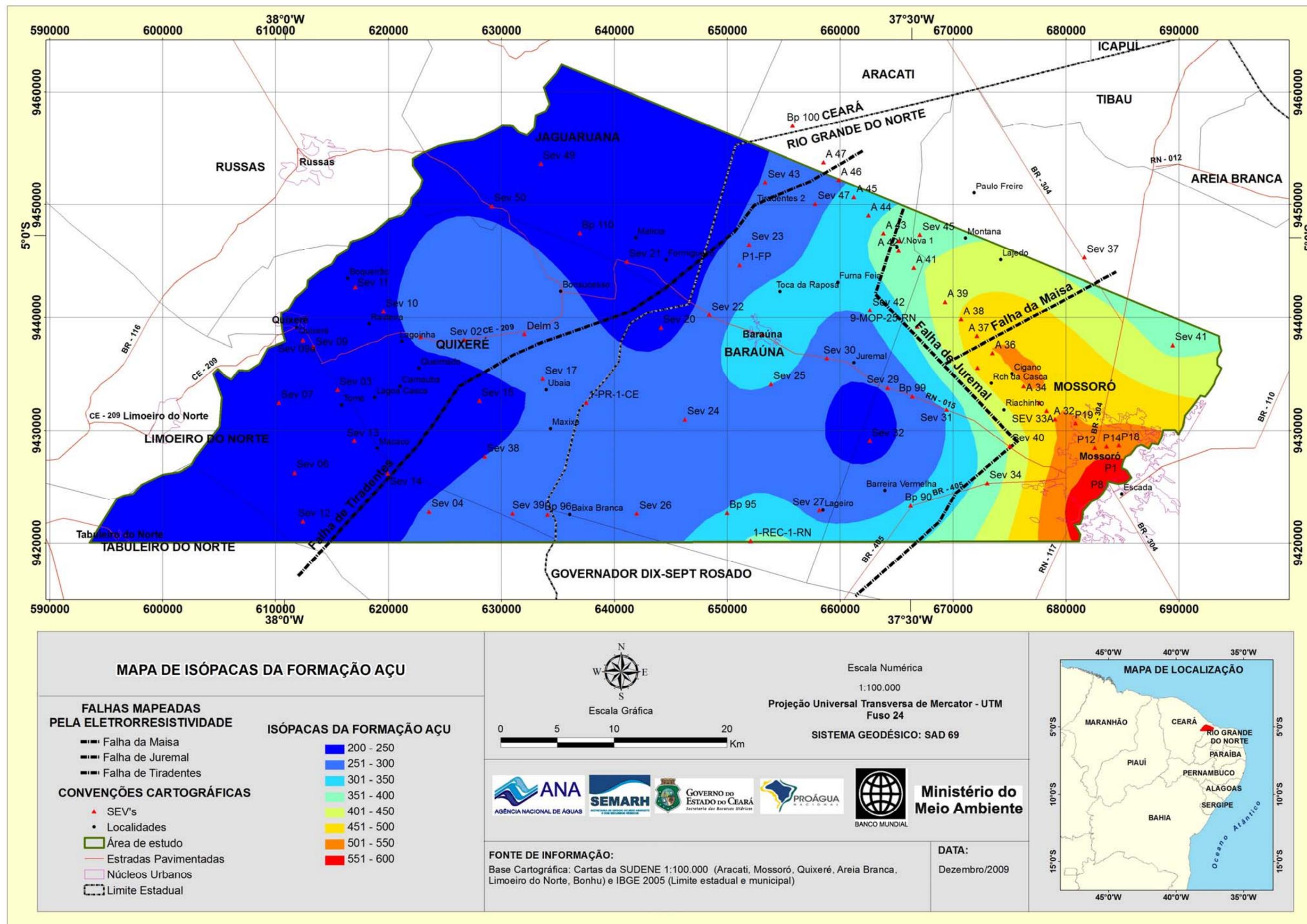


Figura 6.7 - Isópacas da Formação Açú (Fonte: Volume II).

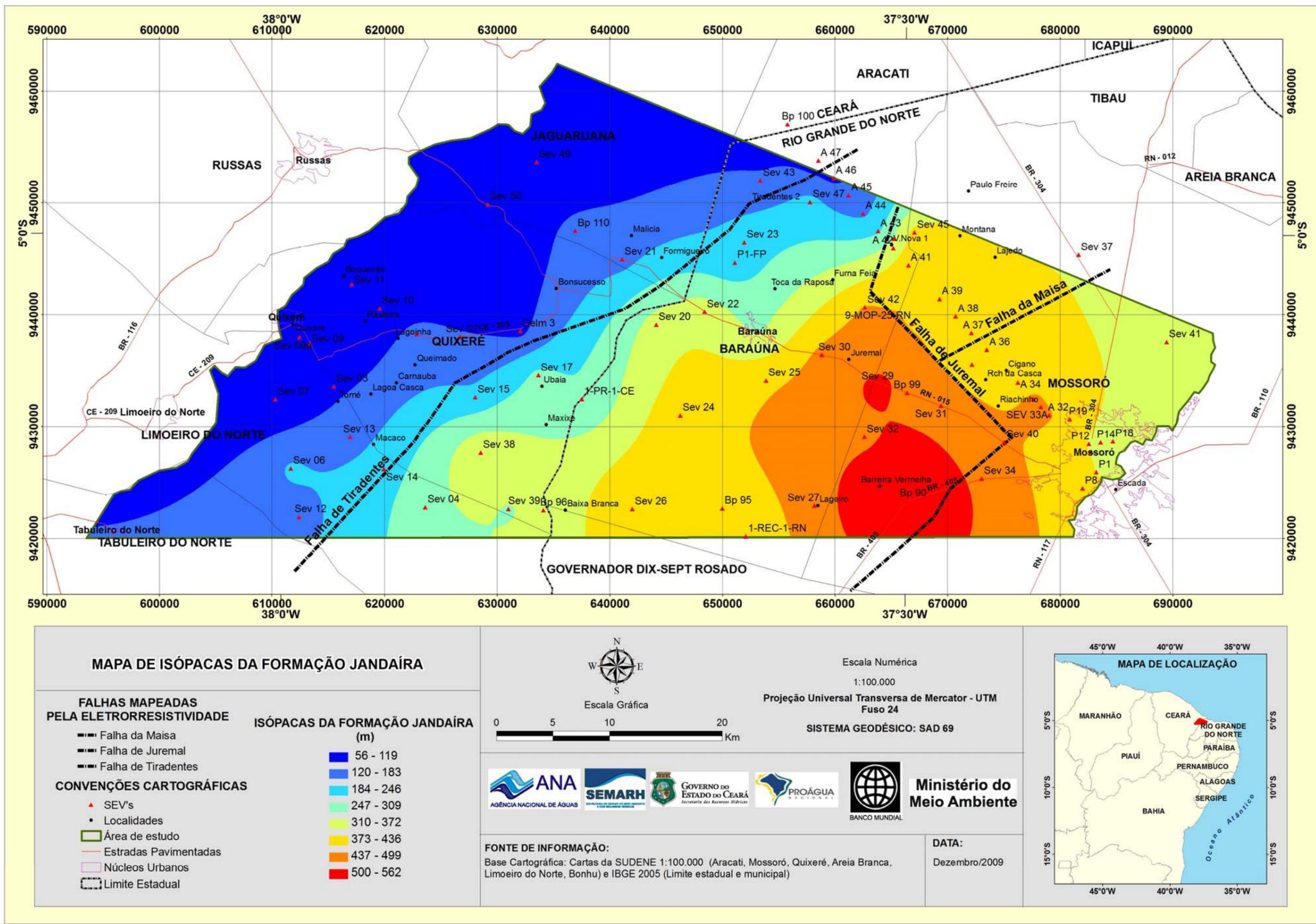


Figura 6.8 – Isópacas da Formação Jandaíra (Fonte: Volume II).



Foto 6.1 – Arenito Açú, plano de acamamento com direção 54 Az mergulhando 11° para sudeste (ANA-56; 633531, 9453594). **Foto 2.14 (Volume II)**.



Foto 6.2 – Fraturas no arenito da Formação Açú, preenchidas por material carbonático, direção 38 Az (ANA-11;611985,9436144). **Foto 2.20 (Volume II)**.



Foto 6.3 – Fratura de direção 165 Az, com exibição do nível estático da água no aquífero Jandaira (ANA-07; 626791, 9422768). **Foto 2.19 (Volume II).**



Foto 6.4 – Dolina formada por colapso ou abatimento do Calcário Jandaira. Localizada na região do Mato Alto, Baraúna – RN (ANA-44; 623652, 9445421). **Foto 2.35 (Volume II).**

6.2.3 - Bases Científicas para a Gestão

Todos os esforços para a ampliação do conhecimento técnico-científico devem ser traduzidos em ferramentas concretas para orientar o aprimoramento dos processos de gestão, de forma a alcançar os objetivos finais para os quais o Marco Regulatório foi proposto. Conforme será discutido a seguir os corpos aquíferos da região do estudo, principalmente o Jandaíra, apresentam alto grau de heterogeneidade, não somente no que tange suas características intrínsecas, como também, nas formas através das quais vem sendo explorado. O aquífero Açu, pelo seu posicionamento topográfico mais profundo e seu caráter confinado, pode ser considerado como sendo mais homogêneo².

Dentre as inúmeras informações levantadas e sistematizadas a respeito de ambos os aquíferos na região do estudo, existem aquelas de maior transcendência para o aprimoramento da gestão. Antes de enumerá-las, no entanto, se faz necessário destacar alguns aspectos intrínsecos ao próprio processo e seus resultados:

- A escala de análise hidrogeológica e de apresentação dos resultados é de 1:100.000, a partir da qual elementos de 1 cm no mapa correspondem a 1 km no terreno. Considerando as condições geológicas hidrogeológicas locais, uma célula de 1 km² pode carregar consigo considerável heterogeneidade, impossível de ser detectada a campo ou de ser transposta ao mapa. Nesta escala se trabalha com valores médios e tendências regionais. Situações do tipo, efeitos de rebaixamento gerados em poços de forma individual, não necessariamente estarão totalmente coerentes com os resultados advindos do mapa. Esta observação é fundamental no sentido de evitar falsas expectativas e para bem dimensionar o uso da informação ora manipulada, destacando sempre os limites aceitáveis de precisão. Nas recomendações finais o(a) leitor(a) será remetido(a) a programas de caráter piloto em escalas de maior detalhe.
- Em qualquer estudo de natureza hidrogeológica busca-se compreender a geometria dos reservatórios e a dinâmica da água subterrânea através de abstrações em forma de modelo conceituais, parâmetros hidrodinâmicos e variáveis matemáticas. No caso da região em estudo, o aquífero do qual se detém o maior volume de informações, o aquífero Jandaíra, possui comportamento cárstico, ou seja, difere do comportamento normal, típico de aquíferos porosos intergranulares. Este fato representa um grau de complexidade adicional, manifestado, por exemplo, através dos mecanismos de recarga, conforme será discutido neste documento. Em todo o estudo hidrogeológico realizado trabalha-se com valores médios, com probabilidades e tendências de comportamento em detrimento de verdades e números absolutos. Muito provavelmente existirão porções do mesmo aquífero cujo comportamento escapará dos padrões aqui previstos. Isto vale também

² Não se dispõe do mesmo nível de informação (qualidade e quantidade) como no caso do Aquífero Jandaíra. É possível que à medida que surjam novas informações, sejam constatadas variações consideráveis de suas características.

para o aquífero Açu, muito embora o mesmo não apresente a complexidade do comportamento cárstico do aquífero Jandaíra.

- Os aquíferos Jandaíra e Açu possuem fluxos interestaduais e são suficientemente independentes do ponto de vista hidráulico para serem abordados de forma individual.
- A principal área cárstica, onde manifesta-se o maior potencial do aquífero Jandaíra, a sub-bacia do Mata Fresca, encontra-se sob o domínio dos dois Estados. É fundamental que todo o conjunto de informações trazidas à tona pela iniciativa e o próprio Marco Regulatório em si, contemple e beneficie a ambos os Estados de forma paritária, para a realização de uma boa gestão.
- É preciso ressaltar a grande irregularidade do regime pluviométrico na área de estudo, característico do clima semi-árido dominante. Assim como puderam ser observados meses com chuvas anômalas gerando importantes recargas (Janeiro/2004 > 700mm e Março/2008 > 300mm), ocorrem com frequência estiagens com 2-3 anos sem chuva alguma. Este fato traz consigo um elemento de complexidade e de risco no que diz respeito aos volumes que efetivamente adentram o sistema aquífero na forma de recargas, e, em consequência, ao atendimento às demandas hídricas como um todo. A recarga anual na sub-bacia do riacho Mata Fresca, graças ao desenvolvimento dos fenômenos cársticos, tem um comportamento totalmente diferenciado daquele que se observa no restante da área de estudo. Enquanto na sub-bacia do Mata Fresca a recarga é, sobretudo, do tipo canalizado (absorvendo, em média, 47,8% da chuva), ela é difusa, nos demais setores da área do Projeto. Tanto é assim que, em média, na bacia do rio Apodi, a leste, equivale a 12,3% da chuva e na bacia do rio Jaguaribe, a oeste representa apenas 7,4% da chuva.
- O cadastro de usuários de água subterrânea envolveu o levantamento de 1440 poços, dentre os quais 1325 são tubulares (92%); 63 amazonas (também chamados escavados ou cacimbas) representando 4,4% dos poços e finalmente, 52 poços mistos (poço tubular perfurado no interior de um poço amazonas) constituindo 3,6% das unidades levantadas. Conforme será constatado no transcurso do estudo o somatório das várias vazões unitárias de cada um dos poços representa o dado de saída do sistema. A saída pode ser avaliada do ponto de vista regional (para toda a área) assim como de forma discretizada para uma determinada área (polígono, célula elementar ou área). Trata-se de uma informação fundamental para o estabelecimento de balanços hídricos. Apesar de sua transcendência, é preciso analisar esta informação com muita criticidade, pois, na maioria das vezes, as vazões e o próprio regime de bombeamento são do tipo informadas e podem não corresponder à realidade. O erro associado a esta informação é inevitável (da subestimação a uma possível superestimação dos volumes extraídos) até pela dinâmica de uso dos referidos poços que pode variar a mercê de inúmeras razões, impossíveis de serem previstas em sua totalidade. Como regra prática de análise vale sempre o cenário mais crítico, ou seja, as maiores vazões operando no maior

tempo. A questão do uso atual das águas subterrâneas será abordada de forma específica em capítulo à parte.

- O estudo envolveu duas campanhas de medições de níveis e de amostragem de água em ambos os aquíferos Jandaíra e Açú. Das primeiras, resultaram os mapas potenciométricos que aparecem nas **Figuras 6.9 e 6.10**. Do ponto de vista de qualidade, as determinações realizadas com todo o rigor técnico exigido representam apenas um retrato estanque do estado químico das águas de ambos os aquíferos na época das amostragens. Dentre os muitos parâmetros químicos analisados apresenta-se a distribuição espacial do mais significativo, que é o de condutividade elétrica (CE) nas **figuras 6.11 e 6.12**. Esse mapa, sem dúvida, fornece valiosas informações para o desenvolvimento de um diagnóstico químico das águas subterrâneas, porém, pode não captar as evoluções e processos químicos atuantes em sua totalidade. Neste sentido, estas campanhas devem ser interpretadas como estímulo a que se venha consolidar uma rede de monitoramento sistemático e permanente da qualidade das águas na região (como de fato está previsto no próprio escopo deste Marco Regulatório).
- Seguindo a mesma lógica de estabelecer um ponto de partida metodológico, foram cadastradas potenciais fontes de contaminação, dentre as quais: 30 postos de combustível, 12 poços de petróleo e uma Estação Coletora de Campo de Petróleo (Campo do Pajeú), 5 cemitérios, 2 lixões a céu aberto (Baraúna e Quixeré), 2 ferros-velhos; 2 usinas de reciclagem e 106 fontes de matéria orgânica (granjas, pocilgas, currais, fossas e efluentes de esgotos domésticos) e ainda 3 (três) depósitos de adubos e defensivos agrícolas. Uma vez sistematizados em categorias de contaminantes, resultaram: i) 43 pontos passíveis de contaminação por Fenóis e BTEX; ii) 10 pontos por metais pesados; iii) 3 pontos por agroquímicos. Admite-se que a poluição potencial difusa originária do uso de agroquímicos na fruticultura irrigada seja o maior problema regional passível de comprometer a qualidade da água subterrânea; iv) 106 pontos por matéria orgânica. Estas informações devem ser atualizadas continuamente para que novos e atuais mapas de risco de contaminação possam ser gerados.
- A distribuição dos poços de extração é bastante heterogênea com forte concentração em torno do Município de Baraúna no RN e a leste do Município de Quixeré no CE. Em contraposição, existem áreas, cujas águas subterrâneas não estão sendo exploradas. Nota-se uma predominância das demandas de água subterrânea para irrigação. Sendo assim, muito provavelmente a concentração de poços é fortemente condicionada pela localização das manchas de solo com aptidão para agricultura irrigada. Esta heterogeneidade em termos de exploração de uso e ocupação do solo terá fortes impactos nas diretrizes de gestão, conforme será discutido posteriormente.
- Não se pode perder de vista os fluxos interestaduais em ambas as unidades aquíferas na região de estudo. A principal área cárstica, onde manifesta-se o maior potencial do aquífero Jandaíra, a sub-bacia do

Mata Fresca, encontra-se sob o domínio dos dois Estados. É fundamental que todo o conjunto de informações trazidas à tona pela iniciativa e o próprio Marco Regulatório em si, contemple e beneficie ambos os Estados de forma paritária, para a realização de uma boa gestão.

A **tabela 6.2** apresenta uma síntese para cada uma das unidades aquíferas da região do estudo.

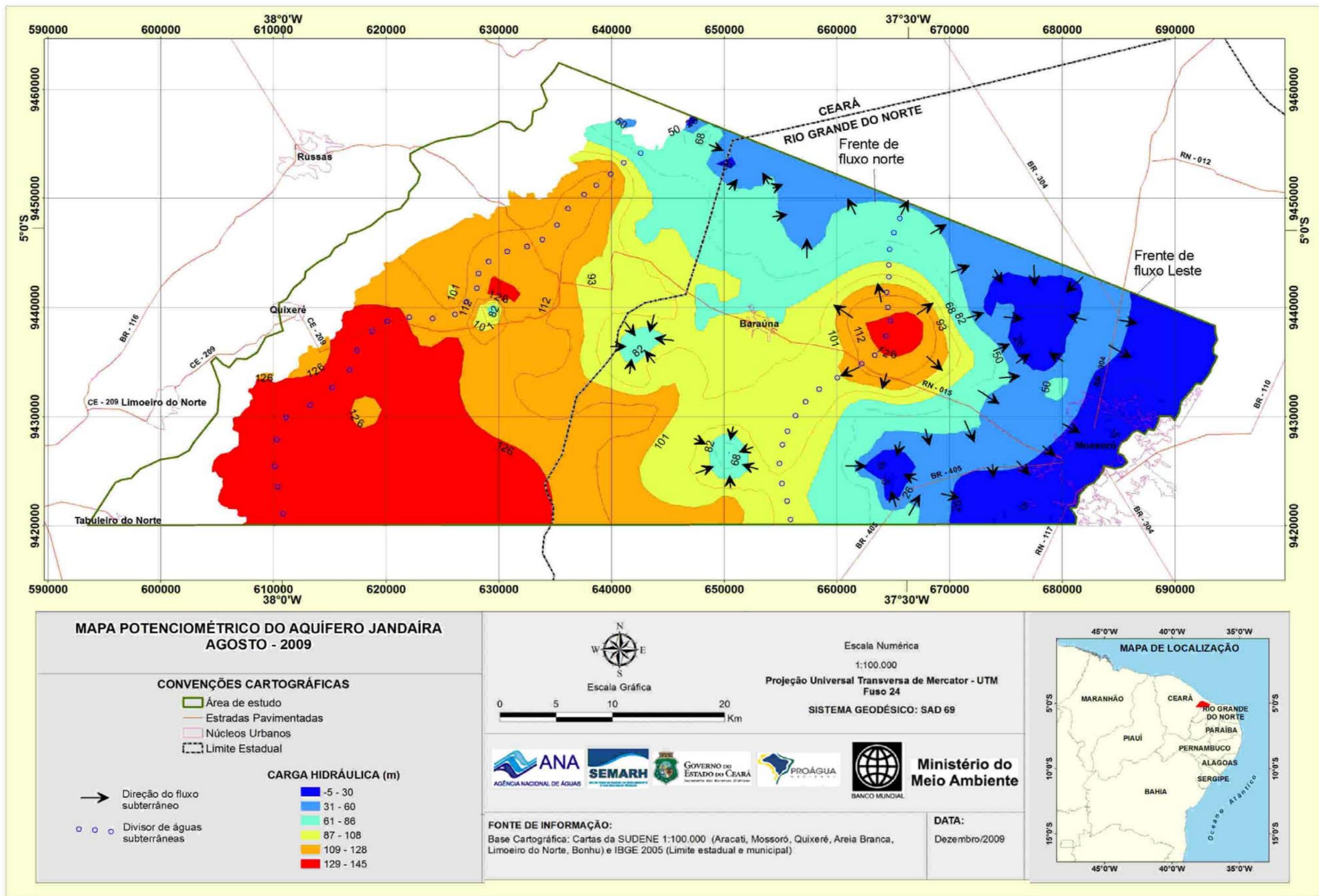


Figura 6.9 - Potenciometrias do aquífero Jandaíra resultantes de campanhas de agosto de 2009 (Fonte: Volume III).

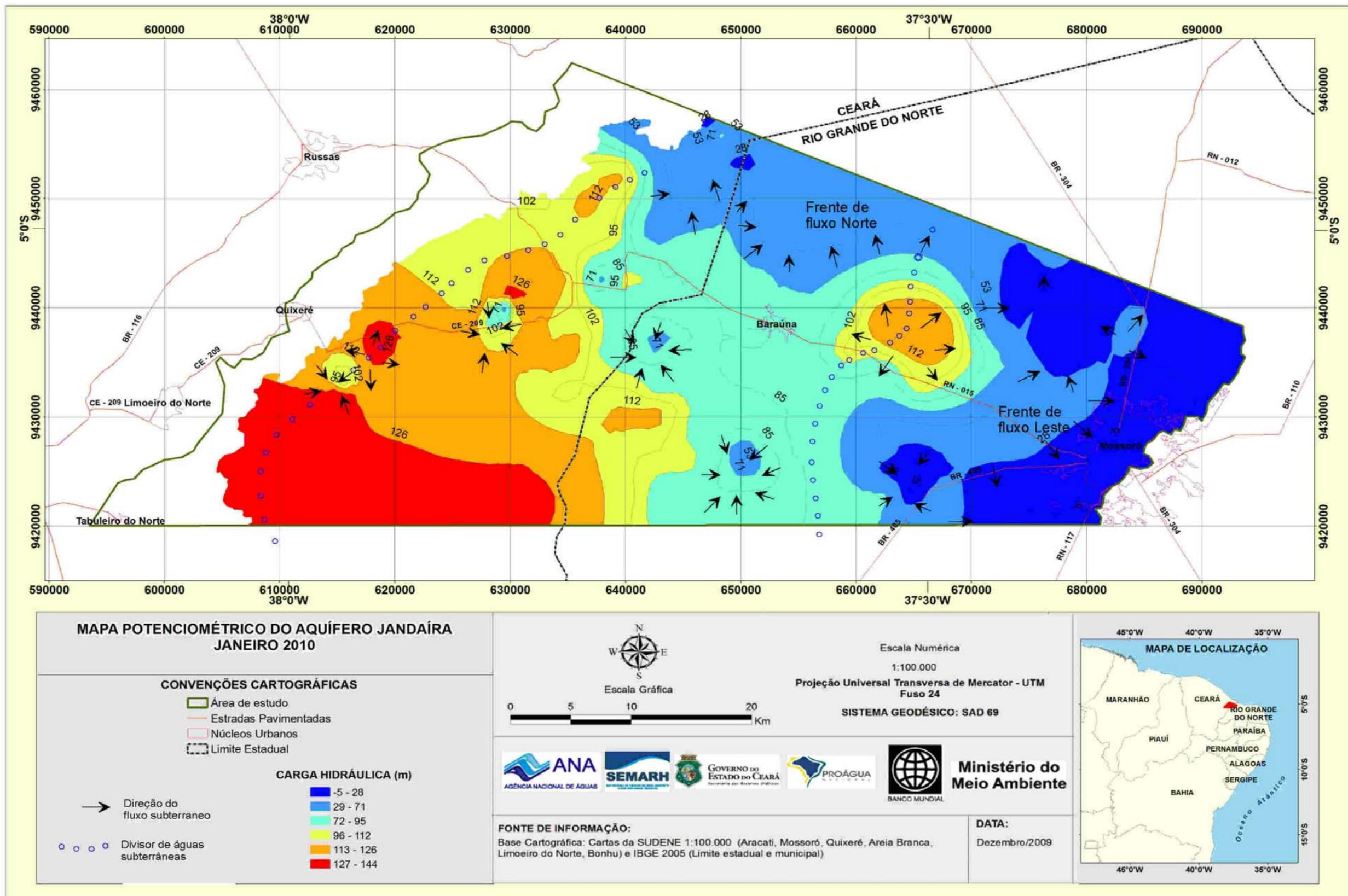


Figura 6.10 - Potenciometrias do aquífero Jandaíra resultantes de medições de nível em janeiro de 2010 (Fonte: Volume III).

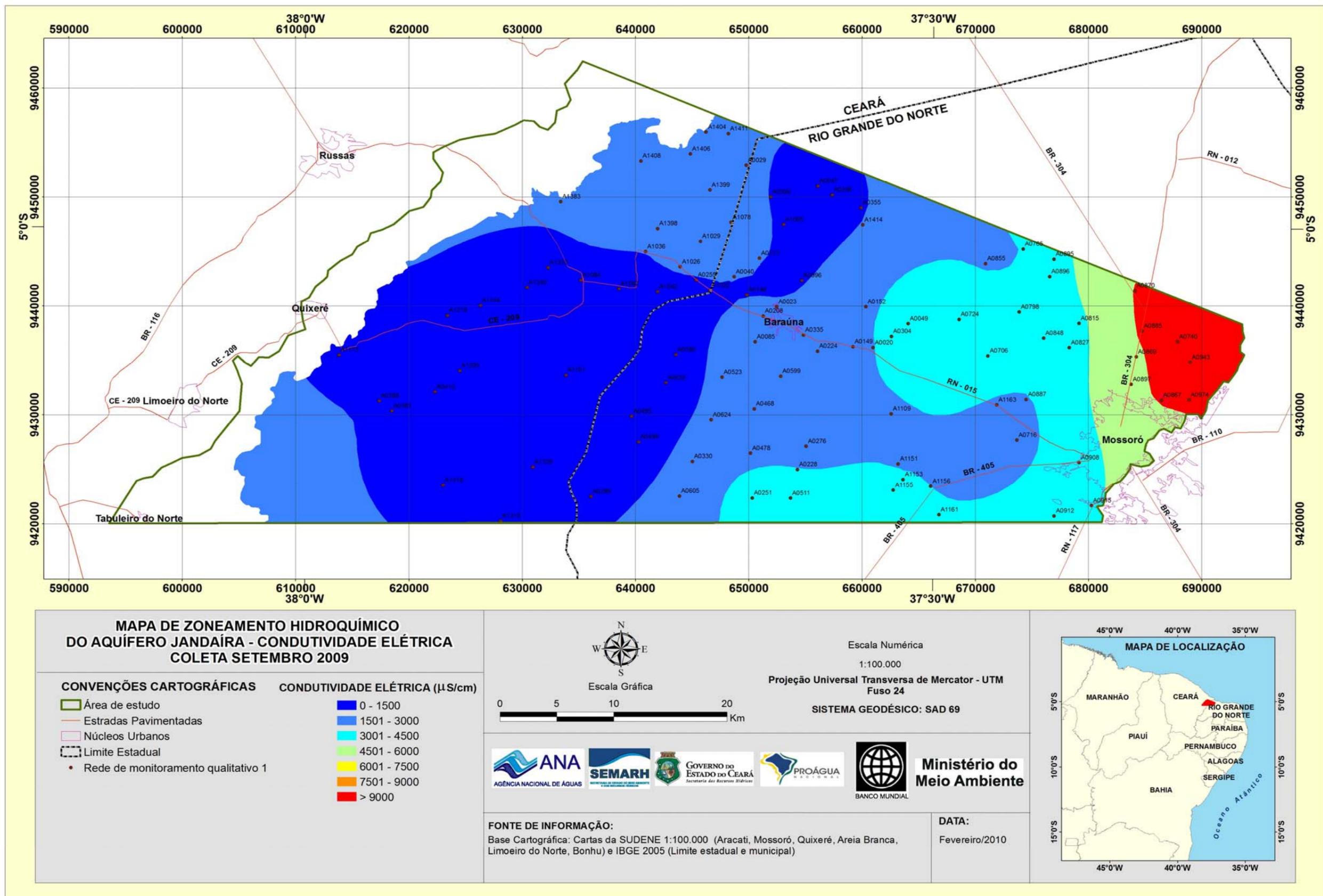


Figura 6.11 - Mapa de zoneamento da condutividade elétrica (CE) no aquífero Jandaíra em setembro de 2009 (Fonte: Volume IV).

Tabela 6.2 - Síntese das Informações hidrogeológicas para a área em estudo.

Características / Unidade Aquifera	Aquífero Jandaíra	Aquífero Açú
Tipo e Geometria de aquífero	<p>Aquífero livre, cárstico e muito heterogêneo. Apresenta duas linhas divisórias principais de fluxo subterrâneo aberto, que coincidem aproximadamente com os divisores de água superficial entre a sub-bacia hidrográfica do Mata Fresca, no centro da área, e as bacias do Apodi, a leste e do Jaguaribe a Oeste. No CE a oeste ocorrem faixas paralelas à fronteira estadual com espessuras entre 50 e 250m aumentando progressivamente para Leste, já no RN, alcançando os 500m. No extremo leste na direção de Mossoró as espessuras diminuem para 300m.</p>	<p>Aquífero confinado, com porosidade primária e secundária, cujas espessuras variam na forma de faixas paralelas à fronteira estadual. A Oeste no CE, na condição de aflorante, apresenta espessuras de 0 a 150 m e fácies marcadamente argilosa, caracterizada como Quebradas, aumentando para 350m na porção central da área, chegando até a 590m no extremo Leste da área de estudo.</p>
Potenciometria e direções de fluxo	<p>Existem duas linhas divisórias principais de fluxo subterrâneo aberto, que coincidem aproximadamente com os divisores de água superficial entre a bacia hidrográfica do riacho Mata Fresca no centro da área e as bacias do Apodi, a leste e do Jaguaribe a oeste.</p> <p>Além disso, parecem coexistir na superfície potenciométrica fluxos convergentes para poços evidenciados por curvas fechadas indicativas de cones de depressão e fluxos divergentes evidenciados por curvas fechadas indicativas de altos potenciométricos comparáveis a verdadeiros “cones de injeção”.</p> <p>Ao que tudo indica esses altos potenciométricos estão associados com a recarga canalizada por drenagem de águas pluviais diretamente para os grandes vazios (cavernas, dolinas, sumidouros, etc) criados localmente pelos fenômenos de dissolução.</p>	
Principais Recargas e Descargas	<p>Recarga canalizada (correspondente à drenagem das águas pluviais diretamente da superfície do terreno para o aquífero através dos grandes vazios criados pelo carst) e recarga difusa (extensiva a toda a região e produzida por infiltração do excesso de água do balanço hídrico). Nas “zonas preferenciais” de recarga natural canalizada, as grandes dimensões dos vazios do meio poroso parecem funcionar como verdadeiros “piscinões” permitindo a drenagem e o armazenamento muito rápido das águas pluviais e uma ascensão igualmente rápida do nível freático.</p> <p>Apesar da intensiva exploração de água subterrânea, em áreas localizadas, ainda se observa escoamento natural significativo, representado por duas frentes gerais: (i) frente SE e NE com fluxos estimados em 9,51 m³/s e, (ii) frente norte a noroeste com descargas da ordem de 2,1 m³/s.</p>	<p>Aquífero Açú tem paleoáguas e na sua condição natural não apresenta evidência de recarga produzida pelo ciclo hidrológico atual, o que implica na sua exploração em regime de exaustão, ou seja, sem reservas renováveis. Localmente, em áreas de exploração intensiva com fortes rebaixamentos, é marcado pela presença de águas recentes.</p>

Tabela 6.2 (continuação).

Características / Unidade Aquifera	Aquífero Jandaíra	Aquífero Açú
Parâmetros Hidrodinâmicos	Teste em Furna da Pedra: $T=1,6E-02m^2/s$ e $S=0,15$	Teste em Baraúna (RN): $T= 3,88E-03 m^2/s$ e $S= 1,14E-04$ Bezerra, 1980: $T=4,64E-03m^2/s$ e $S=1.04E-04$ Teste em Mossoró (RN) $T=4,64E-03m^2/s$ e $S=1,4E-04$
Qualidade natural	<p>Predomínio de tipos bicarbonatada cálcica e bicarbonatada mista como efeito do processo de dissolução de calcários e cloretadas sódicas e cloretadas mistas na região de Mossoró (devido a difusão molecular, da água salgada das marés que penetram no Vale do Apodi sob a forma de uma língua salgada e contamina a água doce dos aluviões e do calcário Jandaíra). O pH médio é de 7,3 e os valores oscilam entre um mínimo de 5,8 e um máximo de 8,7.</p> <p>A condutividade elétrica média é de $1458 \mu S/cm$ ficando a maioria dos valores (57%) no intervalo $[750 < CE \leq 1500]$. Observa-se ainda um percentual significativo de valores (30%) no intervalo de $[1500 < CE \leq 2250]$. Nos extremos, encontram-se 5% de valores inferiores a $750 \mu S/cm$ e 8% de valores acima de $2250 \mu S/cm$. O predomínio é, portanto, de águas relativamente salinas.</p> <p>Em quase todas as amostras do aquífero Jandaíra foi encontrado nitrato que pode ser originário de esgotos ou de fertilizantes</p>	<p>As águas do aquífero Açú são bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas mistas.</p> <p>Para uma amostra de 21 valores, a condutividade elétrica varia de apenas 101 a $629 \mu S/cm$, com média de $458 \mu S/cm$. São águas de baixa salinidade resultantes de mistura entre paleoáguas com águas recentes.</p> <p>Nenhuma amostra do aquífero Açú teve nitrato acima do VMP.</p>
Agrotóxicos, Metais e BTEX	<p>Somente foram encontrados resíduos nos Poços A0116 em Baraúna e A0410 em Quixeré. A não detecção de resíduo nas outras águas não significa que estas águas não tiveram resíduos de agrotóxicos porque a coleta de água pode ter acontecido após um intervalo de tempo de várias meias vidas. A tendência atualmente é de produção de agrotóxicos com meia-vida curta para que eles sejam rapidamente degradados. Há antecedentes de presença de resíduos de agrotóxicos nos municípios de Tabuleiro do Norte, Limoeiro do Norte, Quixeré e Alto Santo (COGERH, 2009).</p> <p>Dos 11 metais pesados analisados em águas do aquífero Jandaíra, cádmio e mercúrio não foram encontrados nas amostras analisadas. Arsênio, níquel e chumbo apareceram em 5, 5 e 6 amostras, respectivamente e cada um deles aparece em 01 amostra com concentração > VMP. Zinco foi detectado em 36 amostras, 4 delas com teor > VMP e alumínio em 28 amostras, 3 delas com concentração >VMP.</p>	<p>Nas águas do aquífero Açú, dos 11 metais pesados analisados, cobre, níquel, chumbo, cádmio e mercúrio não foram encontrados, arsênio foi encontrado em uma amostra, cromo em 6 amostras, bário, boro e zinco em 7 amostras tendo o bário concentrações > VMP.</p>

Tabela 6.2 (continuação).

Características / Unidade Aquífera	Aquífero Jandaíra	Aquífero Açu
Agrotóxicos, Metais e BTEX	A análise de BTEX só identificou tolueno na água do poço A0023, em Baraúna e etilbenzeno na água do poço A1319 em Limoeiro do Norte. Os BTEX aderem ao solo e sua movimentação para o nível freático é lenta; se houver oxigênio em grande quantidade, eles podem ser biologicamente degradados, daí não serem encontrados em outras amostras mesmo estando presentes nas águas superficiais e/ou no solo.	
Uso atual	Existem na região mais de 1000 poços tubulares em operação, concentrados em torno das áreas urbanas e dos polígonos de irrigação. Os altos valores de profundidade do nível estático (112 m em agosto e 119 m em janeiro 2010) sugerem que muitos poços já estão explotando águas das reservas permanentes do aquífero Jandaíra. Trata-se de uma situação local e não significa que esteja ocorrendo “mineração” ou superexploração do aquífero. Aliás, esse fato é evidenciado pela existência das frentes de escoamento natural, anteriormente analisadas valendo ainda lembrar que o escoamento natural inclui as reservas permanentes as quais não são estáticas, mas se encontram sempre em movimento.	
Característica construtiva dos Poços	Para uma amostra de 1185 poços, a profundidade varia de 3 a 450 m, com média de 88 m. Muitos dos poços no aquífero Jandaíra e no aquífero Açu não possuem proteção ao redor do poço e o tubo de revestimento fica ao nível do solo pode permitir a entrada de água superficial.	A profundidade dos poços varia de 60 m a 1200 m, numa amostra de apenas 41 poços. A média é de 732 m com desvio padrão de 426 m. A moda, situada no intervalo de 900 a 1000 m, se explica pelo fato de que a maioria dos poços se encontra na região em torno da cidade de Mossoró, em pleno domínio da estrutura profunda conhecida como <i>graben central</i> da Bacia Potiguar.
Potabilidade e adequação ao uso	A maioria das amostras do aquífero Jandaíra mostrou elevado risco de salinidade, para uso na irrigação; no entanto, são águas de recargas recentes, portanto francamente renováveis como indicam as análises isotópicas. As águas do Jandaíra no setor leste se acham contaminadas por água salgada e não são adequadas à irrigação.	Para fins de irrigação as águas do aquífero Açu são de risco médio de salinidade e baixo risco de sódio, com exceção de uma amostra; a amostra do aquífero Quebradas apresenta excepcionalmente alto risco de sódio e médio risco de salinidade.

Tabela 6.2 (continuação).

Características / Unidade Aquífera	Aquífero Jandaíra	Aquífero Açú
Vulnerabilidade e risco de contaminação	<p>As águas do aquífero Jandaíra têm naturalmente salinidade elevada e apresentam, em geral, altos índices de vulnerabilidade; portanto, são muito sensíveis à contaminação/poluição através de ação antrópica. Estas condições favorecem a existência de águas não potáveis.</p> <p>Como a distinção entre as origens só pode ser feita através de medidas do isótopo nitrogênio-15, pode-se somente considerar que nas áreas de agricultura intensiva onde são adicionados nutrientes a origem é dos fertilizantes e nas habitadas é originário de esgotos sanitários.</p> <p>Do ponto de vista da gestão, o risco de contaminação de poços que bombeiam águas do aquífero Jandaíra nessa área deve ser levado em consideração.</p>	<p>Pelo critério GOD de avaliação da vulnerabilidade as águas do aquífero Açú na área do Projeto Apodi possuem vulnerabilidade insignificante, pois as águas são confinadas, profundas. Há, porém, risco natural de contaminação por hidrocarbonetos e também de contaminações por águas carbonatadas provavelmente através de “curtos circuitos de fluxo” proporcionados pelos falhamentos que afetam a bacia sedimentar.</p>
Densidade de Poços	<p>Para o conjunto de poços cadastrados na área, os números acumulados revelam: i) cerca de 25% da amostra (358), com até 2 poços/km²; ii) 50% (728) com até 4 poços/km²; iii) 72% (1039) com até 6 poços/km²; iv) 92% (1333) com até 10 poços/km². Apenas 8% dos poços (107) se encontram em setores da área com icp de mais de 10 poços/km².</p>	
Metais nas águas de ambos os aquíferos	<p>Os metais pesados encontrados nas águas são em geral, de origem natural, do próprio arcabouço geológico.</p>	

Uma vez caracterizados os corpos hídricos do ponto de vista de sua geometria e características dinâmicas de quantidade e qualidade, retomando aqui as razões que justificaram a iniciativa como um todo, é indispensável quantificar as reservas de água. Trata-se de um dos elementos conclusivos mais importantes, cuja definição deve levar em conta e integrar o total conjunto de dados e informações adquiridas e manipuladas pelo projeto. A relevância do dado é tamanha que foi justamente um dos temas mais polêmicos discutidos no âmbito da CTAF, e, por esta razão, será objeto de capítulo à parte, embora essencialmente transcrito do **Volume III**.

6.3 – Definição das Reservas e Demandas

6.3.1 - Conceitos e Metodologia

A metodologia descrita neste item é inteiramente baseada naquela que já foi desenvolvida no Volume III, inclusive com transcrição de textos e de tabelas constantes dos referidos relatórios. O mesmo se aplica ao **item 3.2** que trata da quantificação das reservas.

Todo aquífero, por definição, é considerado um reservatório de água subterrânea, isto é, unidades/formações hidrogeológicas caracterizadas por parâmetros dimensionais (extensão, espessura e geometria) que são impostos pela geologia estratigráfica e estrutural (arcabouço geológico), por parâmetros hidrodinâmicos (transmissividade, armazenamento ou porosidade efetiva) e que dependem de padrões faciográficos, de condições de recarga e descarga e de variáveis de estado que descrevam a situação do aquífero em cada instante (superfície piezométrica, importância das reservas, aspectos da qualidade, condições de exploração, etc).

A disponibilidade hídrica subterrânea pode variar no espaço e no tempo em função das condições hidrogeológicas naturais (alterações no regime de fluxo), do efeito das explorações sobre os distintos aquíferos, da disposição e concepção das obras de captação e dos equipamentos de exploração, dentre outros fatores. A disponibilidade, ou melhor dizendo “as disponibilidades”, como serão discutidas em seguida devem ser interpretadas como sendo reservas; sendo assim serão definidos os três tipos possíveis de reservas:

Reservas reguladoras: volume de água da zona de flutuação (anual ou sazonal) no nível de saturação. Correspondem ao volume de realimentação anual ou estacional; volume de água que adentra o sistema por recarga a partir da superfície ou drenagem a partir de outro corpo aquoso superficial ou aquífero. No caso de aquíferos aflorantes corresponde a multiplicação da área de contribuição pela recarga efetiva ($R = P - E - Q$), resolvida por balanço hídrico. Pode ser chamado e interpretado como a recarga.

Reservas permanentes: volume de água da parte do aquífero situada abaixo da zona de flutuação anual ou estacional. Nas condições naturais, este volume varia somente em intervalos de tempo geológico. Assim, enquanto as reservas permanentes dão uma ideia da grandeza do volume da água armazenada no aquífero, as reservas reguladoras indicam suas condições de recarga. Uma primeira aproximação das reservas permanentes (R_p) de um aquífero pode ser obtida a partir da expressão:

$R_p = V_s = A \cdot b \cdot n_e$, sendo,

A corresponde a área de ocorrência do aquífero, b a espessura média saturada e n_e igual a porosidade efetiva.

Reservas exploráveis: Volume que leva em conta as características dinâmicas dos aquíferos, especificamente sua capacidade de recarga e armazenamento. A capacidade de armazenamento de um aquífero pode ser fraca mas seu rendimento considerável se sua alimentação é assegurada. Inversamente, as reservas permanentes podem atingir dimensões consideráveis, mas ser fracamente realimentadas. Em consequência a

grandeza dos recursos exploráveis poderá ser superior, igual ou inferior ao valor da recarga dos aquíferos no seu estado natural. Trata-se de um valor de complexa determinação, que depende de um conhecimento mínimo da geometria e comportamento dos aquíferos. Além disso depende sobremaneira de decisões políticas e técnicas, as quais por razões estratégicas determinam a exploração de um determinado aquífero em maior ou menor grau, gerando rebaixamentos proporcionais às taxas de retirada de água do mesmo. Trata-se portanto de uma medida que possui relação direta com a sustentabilidade dos recursos subterrâneos e a manutenção de suas funções, dando margem ao conceito de vazão sustentável (desde a escala local do poço e seu envoltório, até o aquífero como um todo).

A discussão conceitual parte da equação da continuidade a qual afirma que a variação no armazenamento de um reservatório é igual a diferença entre a soma das entradas e a soma das saídas, ou seja:

$$\Delta S = \Sigma \text{Entradas} - \Sigma \text{Saídas}$$

Para o caso de um sistema aquífero em equilíbrio, sabe-se que o somatório das entradas ($\Sigma \text{Entradas}$, ou R) corresponde a recarga dos aquíferos (recarga a partir da infiltração efetiva + recarga a partir da drenagem de outro corpo aquoso superficial ou subterrâneo). Esta recarga, como já anteriormente discutido, para a área do projeto tem duas origens:

- recarga difusa (produzida por infiltrações difusas do excedente do balanço hídrico, que se processam extensivamente sobre toda a região);
- recarga concentrada em zonas preferenciais (produzida por canalização das águas pluviais diretamente para as estruturas abertas até a superfície do terreno pelos fenômenos cársticos).

Sabe-se ainda, que o somatório das saídas do aquífero ($\Sigma \text{Saídas}$ ou D) corresponde as suas descargas naturais (na forma de escoamento basal -Vb- das drenagens e rios principais) + retiradas de água subterrânea por bombeamento (Qp) a partir dos poços tubulares (ou seja, $\Sigma \text{Saídas}$ ou D = Vb + Qp). Quando analisado em um grande intervalo de tempo, por exemplo anual, em escala de bacia sem grande variabilidade climática ou modificação do uso do solo, com extrações consideradas pequenas ($Q_p \rightarrow 0$), o aquífero encontra-se em estado de equilíbrio permanente. Sendo assim,

$$\Delta S = \Sigma \text{Entradas} - \Sigma \text{Saídas} = 0$$

Significa que: Recargas = Descargas

A perda deste equilíbrio gera um regime transitório, onde a retirada (Q) poderá ser compensada, após transcorrido um tempo (t) por: (i) uma variação da porção de água armazenada na matriz do aquífero (ΔS), portanto $\Delta S \neq 0$, (ii) um incremento de Recarga ΔR ou (iii) uma diminuição de Descarga ΔD . Após alguns meses ou anos, dependendo dos valores envolvidos, a descarga do aquífero, que é proporcional ao volume armazenado, se reduz. Uma nova situação de equilíbrio pode ser atingida quando $\Delta S = 0$ e $D = R - Q$. Entretanto, caso esta situação de equilíbrio não seja encontrada em função de taxas de retirada muito grandes, a depleção do aquífero e a perda subsequente do

armazenamento é inevitável, conforme mostra a parte do bombeamento subterrâneo não sustentável da **figura 6.13**.

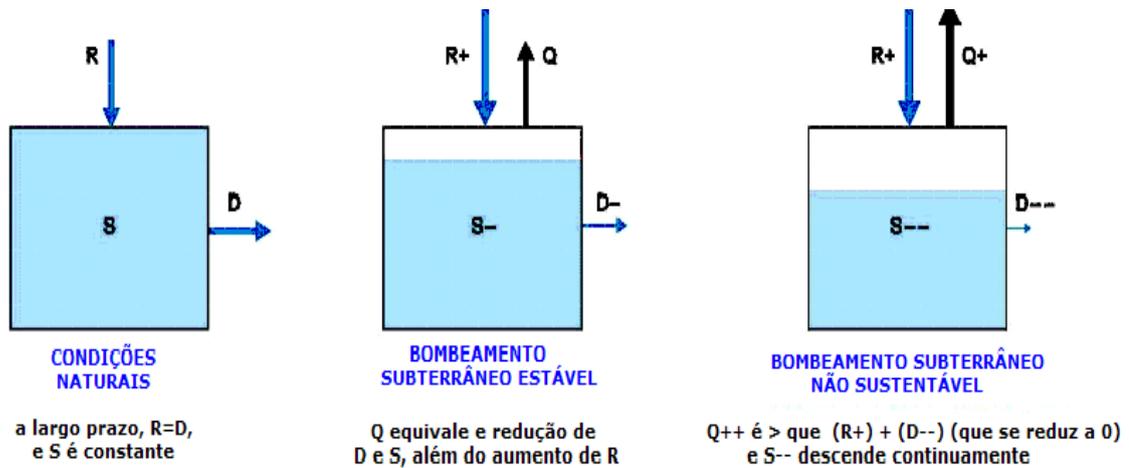


Figura 6.13 - Esquema conceitual do aquífero, situação modificada pela retirada de água subterrânea (modificado de Briefing Note Series- Banco Mundial/GW-MATE).

Portanto, para uma condição de equilíbrio de longo prazo, ou seja, para uma exploração sustentável, é necessário que a descarga bombeada não ultrapasse a descarga de escoamento natural a qual, por sua vez, é igual à recarga ou entrada de água no aquífero.

Isso não significa que não se possa (no curto prazo) entrar na reserva permanente, como é o caso em períodos de longa estiagem quando a recarga natural é praticamente nula ou inferior à recarga média de longo período. Isto porque nos anos favoráveis a recarga natural é superior à média de longo prazo e, portanto, compensa os déficits dos anos secos.

No longo prazo, se as retiradas de água através de poços permanecerem por muitos anos acima das entradas por recarga natural, o escoamento natural na área em exploração será reduzido e o aquífero entrará em regime de exaustão. Se houver um dispositivo de monitoramento de níveis na área em exploração, o processo de exaustão será evidenciado pelo contínuo decréscimo dos níveis ano após ano e medidas corretivas devem ser tomadas.

Durante este processo de busca de equilíbrio ao longo de todo o corpo aquífero, muito provavelmente corpos de água superficial como nascentes e açudes, podem vir a sofrer efeitos de recarga induzida ou perda dos aportes de descarga, tendo suas vazões e volumes diminuídos. A escala de informação retrabalhada neste estudo e o nível de informações disponíveis, permitem a identificação de onde tais efeitos seriam mais perceptíveis, porém tem limitações em relação a definição de sua magnitude. Muito provavelmente, locais de menor espessura saturada de aquífero, ou regiões onde os mesmos possuam comportamento livre típico seriam áreas mais vulneráveis. Da mesma forma a perda de pressão nas regiões de descarga seria esperada. Este raciocínio vale tanto para o aquífero Açú como para o Jandaíra.

6.3.2 - Quantificação das Reservas

A quantificação das reservas reguladoras, permanentes assim como os volumes explorados e as reservas disponíveis implica na realização de um grande esforço analítico, para o qual convergem e contribuem todos os estudos específicos levados a cabo no âmbito da prestação de serviços técnicos relacionados ao contrato entre a Consultora e a ANA. Este fato é importante de ser ressaltado justamente para valorizar os dados primários, cuja obtenção envolveu o trabalho das equipes em campo e o retrabalhamento técnico por parte de especialistas, esforço que culmina em um aumento da acurácia das quantificações. Não obstante, é preciso sempre alertar que mesmo que os resultados representam as melhores estimativas possíveis, ainda assim estão sempre sujeitas a erros. Se trata de uma estimativa, coerente com a escala do estudo 1:100.000, a qual deverá ser constantemente revisada, inclusive em função de estudos de detalhe a serem realizados no futuro e também dos dados obtidos nas campanhas de monitoramento, conforme será discutido no escopo deste relatório.

Esta uniformidade conceitual é importante e, por definição, deve estar refletida ao longo de todo o Marco Regulatório para que o gerenciamento diuturno das águas subterrâneas da região seja conduzido de forma harmônica, integrada e sustentável pelos órgãos e pessoas responsáveis.

Para efeitos do Marco Regulatório aqui empreendido serão levadas em consideração as estimativas do conjunto das reservas para cada setor conforme discretizados para efeitos de balanço hídrico, para cada unidade aquífera e, obviamente, contemplando o território de cada um dos Estados envolvidos.

6.3.2.1 - Reservas em Exploração

Conforme foi discutido anteriormente, as retiradas de água das reservas das unidades aquíferas devem-se ao regime de bombeamento dos inúmeros poços cadastrados na região do estudo. A estimação destas retiradas é fundamental para a compreensão dos balanços de entrada e saída em cada compartimento discretizado e, portanto, para empreender a estimação dos recursos restantes, também denominadas de disponibilidades futuras. Por sua importância se faz necessário compreender as características desta extração, não somente em termos volumétricos, como também espaciais e das características de seu uso. O volume de água explorado atualmente de cada um dos aquíferos na região, através do conjunto de poços tubulares instalados é denominado de reserva em exploração.

Características quantitativas

O cadastro de usuários de água subterrânea envolveu o levantamento de 1440 poços. Dentre este universo o número de 1325 (92%) são do tipo tubulares, 63 são do tipo amazonas (também chamados escavados ou cacimbas) representando 4,4% dos poços e, finalmente, 52 são poços mistos (poço tubular perfurado no interior de um poço amazonas) constituindo 3,6% das unidades levantadas.

Distribuição global: Como mostrado no volume III, a distribuição dos poços cadastrados quanto à propriedade do terreno e quanto à situação operacional,

nos anos de 2002 e 2009, para fins comparativos, é mostrada na **tabela 6.3**. Observa-se que, em 7 anos, houve um aumento de 70% no número de poços existentes, que passou de 846 para 1440. Aumento ainda mais significativo (cerca de 88%) ocorreu na participação do setor privado na propriedade dos poços, que passou de 634 em 2002 para 1195 em 2009.

Tabela 6.3 - Distribuição global dos poços cadastrados quanto à propriedade do terreno em setembro de 2002 e em setembro de 2009. Fonte: Volume III.

Poços Existentes			Operação	Não Instalados	Paralisados	Abandonados ou desativados	
Ano	% Públicos	% Privados	Na área	%	%	%	%
set/02	25	75	846	56	11	17	16
set/09	16	84	1440	67	10	12	11

A exploração de água subterrânea na área registrou um acréscimo de 7% no número de poços em operação, cujo percentual passou de 56% em 2002 (473 poços) para 63% em 2009 (908 poços). Ao mesmo tempo ocorreu uma redução no percentual de poços abandonados ou desativados, que passou de 16% para 11%.

Distribuição por aquífero: A distribuição, por aquífero, quanto à propriedade do terreno e situação operacional é mostrada na **tabela 6.4**. De 40 poços cadastrados no aquífero Açú 57% (23 poços) foram construídos em terrenos públicos e 43% (17 poços) em propriedades privadas. No aquífero Jandaíra, dentre 1398 poços cadastrados, 84% (1174 poços) se encontram em terrenos particulares e 16% (224 poços) em terrenos públicos.

Quanto à situação operacional, foram identificados em funcionamento no aquífero Jandaíra somente 56% dos poços contra 46% no aquífero Açú. O índice de poços desativados (abandonados) chega a 16% no aquífero Jandaíra e 20% no aquífero Açú.

Regime de Bombeamento: O número de horas por dia de funcionamento dos poços (regime de bombeamento) informado em 630 poços (44% dos 1440 cadastrados) varia de 1 a 24 horas/dia, sendo que o regime operacional mais frequente (para 19,8% dos poços) corresponde a 12 horas/dia. Portanto, para fins de estimativa da produção de água subterrânea na região, o regime operacional adotado é de 11 horas/dia, uma vez que o valor da média ponderada é de 11,26 horas/dia.

A produção global de água subterrânea é inferida com base nas vazões informadas e no regime médio de funcionamento dos poços. Teoricamente, supondo todos os poços existentes em operação em regime de 24 horas/dia, a produção global para os 1440 poços seria da ordem de 26 m³/s, equivalente a uma lâmina de 314,4 mm/ano sobre os 2608 km² da área do projeto.

Levando em conta as frequências das diferentes faixas de vazão dos poços, chega-se à conclusão de que a disponibilidade efetiva atual oriunda dos poços existentes em operação é de 7,71 m³/s (666144 m³/dia), ou seja, essa é a descarga que se acha atualmente em uso proveniente de todos os poços existentes captando o ambos os aquíferos da região do estudo.

Tabela 6.4 - Distribuição dos poços cadastrados por aquífero e quanto à propriedade do terreno em 2009. Fonte: Volume III.

Poços Existentes			Operação	Não Instalados	Paralisados	Abandonados ou desativados	
Aquífero	Públicos	Privados					Na área
Jandaíra	25% (350)	75 % (1048)	100% (1398)	56% (783)	11% (154)	17 % (237)	16% (224)
Açu	57% (23)	43% (17)	100% (40)	46% (18)	9% (4)	25 % (10)	20% (8)
Aluvião		100% (2)	100% (2)	100 % (2)			

A evolução histórica da produção no Aquífero Açu (expressa em termos de médias anuais em m³/s), segundo registros da CAERN, no período de 1991 – 2003, mostra que houve uma redução significativa na produção de água, que passou de 0,837 m³/s para 0,258 m³/s. Essa redução ocorreu pelo fato da CAERN ter abandonado ou desativado 10 poços depois da chegada de água proveniente da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, sendo 5 devido a problemas de contaminação por hidrocarbonetos e 5 por dificuldades operacionais produzidas por obstruções de tubulações causadas por incrustações de carbonato de cálcio.

A produção de água subterrânea estimada do Açu para 2009 em Mossoró é de 0,385 m³/s obtida de 11 poços existentes em operação. Somando-se 0,031 m³/s de 2 (dois) poços operantes em Baraúna, chega-se a uma estimativa de 0,416 m³/s para o aquífero Açu na região.

Atualmente a CAERN enfrenta problemas de falta água em Mossoró e não parece haver uma política bem definida de investimento prevista para ampliação do sistema através de novos poços, posto que já se encontra na ordem do dia um novo projeto de adução de água superficial, desta vez do Açude Santa Cruz, localizado 10 km ao sul de Apodi e cerca de 90 km de Mossoró.

A **produção de água** estimada nos aquíferos Jandaíra e Açu para o ano de 2009 é apresentada na **tabela 6.5**, tomando como referência as vazões informadas no cadastro de 1398 poços.

Tabela 6.5 - Produção de água subterrânea por aquífero na área do Projeto, estimada para o ano de 2009. Fonte: Volume III.

Produção Estimada por Aquífero para 2009		Existentes	Operação	Não Instalados	Paralisados	Abandonados
Jandaíra	Porcentagem	(100)	(56)	(11)	(17)	(16)
	Número de poços	1398	783	154	237	224
	Produção m³/s	11,82	6,62	1,30	2,01	1,89
Açu	Porcentagem	(100)	(46)	(9)	(25)	(20)
	Número de poços	40	18	4	10	8
	Produção m³/s	0,42	0,19	0,04	0,11	0,08

Características qualitativas

A análise dos dados do cadastro de poços no que diz respeito ao uso da água permite traçar algumas conclusões importantes para o âmbito da gestão, entre elas:

- 95% dos maiores usuários de água subterrânea (19 entre 20) captam águas do aquífero Jandaíra somando descargas de 4,44 m³/s;
- O maior usuário é a Empresa Del Mont que dispõe de 44 poços com capacidade instalada de 4720 m³/h e vazão média por poço, de 107 m³/h, usado na fruticultura irrigada;
- Além da Del Mont, exercem essa mesma atividade 14 (quatorze) outros usuários. Em conjunto os 15 usuários de água subterrânea para a irrigação de frutas tropicais, utilizam 162 poços com uma produção horária de 12113 m³ ou 3,36 m³/s;
- Os 4 (quatro) usuários restantes utilizam 57 poços com uma produção total de 3870 m³/h ou 1,08 m³/s (22%) usada na carcinicultura;
- Os 19 usuários do aquífero Jandaíra captam uma descarga total de 4,44 m³/s, de 57 poços para uso na carcinicultura e 3,36 m³/s de 162 poços para uso na fruticultura irrigada.
- No aquífero Açú: dentre os grandes usuários, as águas do aquífero Açú são captadas apenas pela CAERN, para abastecimento urbano de água em Mossoró (11 poços) e Baraúna (2 poços), com produção total de 0,42 m³/s.
- Em conjunto esses 20 (vinte) maiores usuários possuem uma reserva em exploração de 4,86 m³/s, explorável de 232 poços, que representam 26% dos 907 poços existentes em operação e extraem 59% da reserva em exploração de 7,71 m³/s.
- As descargas médias por poço dos diferentes usuários variam de 25 m³/h a 195 m³/h.

A relação dos 20 (vinte) principais usuários de água subterrânea da área é mostrada na **tabela 6.6**. Na referida tabela são indicados por aquífero, a vazão horária bombeada, o número de poços, a vazão média por poço e os usos.

Os percentuais de uso e de produção de água pelos 20 principais usuários permitem afirmar que 69% da água (12113 m³/h) é usada na fruticultura irrigada; 22% (3870 m³/h) na carcinicultura e 9% (1499 m³/h) no abastecimento urbano. Destes (20%) pertencem ao setor público e (80%) ao setor privado.

Os proprietários públicos, com 28% dos poços (98), respondem por 14% da produção (2039 m³/h) enquanto que os proprietários privados, com 72% dos poços (206) utilizam 12787 m³/h que representam 86% da produção. A distribuição dessa produção nos diferentes usos é ilustrada nas **figuras 6.14 e 6.15**.

Tabela 6.6 - Relação dos 20 (vinte) principais usuários de água subterrânea na área de estudo. Fonte: Volume III.

Ordem	Nome	UF	Aquífero	Vazão (m³/h)	Número Poços	Média por poço (m³/h)	Uso
1	DEL MONT	CE	Jandaíra	4720	44	107	Fruticultura irrigada
2	CAERN (11 Mossoró + 2 Baraúna)	RN	Açu	1499	13	115	Abastecimento urbano
3	Faz. Mossoró	RN	Jandaíra	1440	24	60	Carcinicultura
4	Aquarium Aquicultura do Brasil LTDA	RN	Jandaíra	910	10	91	Carcinicultura
5	Hidrotec Marine	RN	Jandaíra	790	13	61	Carcinicultura
6	Fazenda Fruta Cor - João Texeira JR	CE	Jandaíra	780	4	195	Fruticultura irrigada
7	Wildemar Vieira	RN	Jandaíra	730	10	73	Carcinicultura
8	PH Prod. E Dist. de Frutas LTDA	RN	Jandaíra	690	13	53	Fruticultura irrigada
9	Ivanildo P. Figueiredo	RN	Jandaíra	685	12	57	Fruticultura irrigada
10	JS Sallouti	CE	Jandaíra	614	16	38	Fruticultura irrigada
11	Odilon Xavier Batista	CE	Jandaíra	580	8	73	Fruticultura irrigada
12	Airlon Gonçalves de Souza	CE	Jandaíra	540	5	108	Fruticultura irrigada
13	Antônio Solon Nunes	RN	Jandaíra	480	6	80	Fruticultura irrigada
14	Aldivan Isoares	RN	Jandaíra	470	13	36	Fruticultura irrigada
15	Carlos Matsumoto	RN	Jandaíra	464	18	26	Fruticultura irrigada
16	Alberto Fernandes Farias	RN	Jandaíra	450	5	90	Fruticultura irrigada
17	Evandro Mendes	RN	Jandaíra	440	5	88	Fruticultura irrigada
18	Antonio Avelino de Morais	RN	Jandaíra	400	4	100	Fruticultura irrigada
19	José Ricardo C. de Medeiros	RN	Jandaíra	400	4	100	Fruticultura irrigada
20	Faz. Agrícola Famosa	CE	Jandaíra	400	5	80	Fruticultura irrigada
	TOTAL			17372	232	81	



Figura 6.14 – Distribuição percentual de poços e respectivo uso da água subterrânea para os 20 maiores usuários (Figura 4.12a, Volume III).

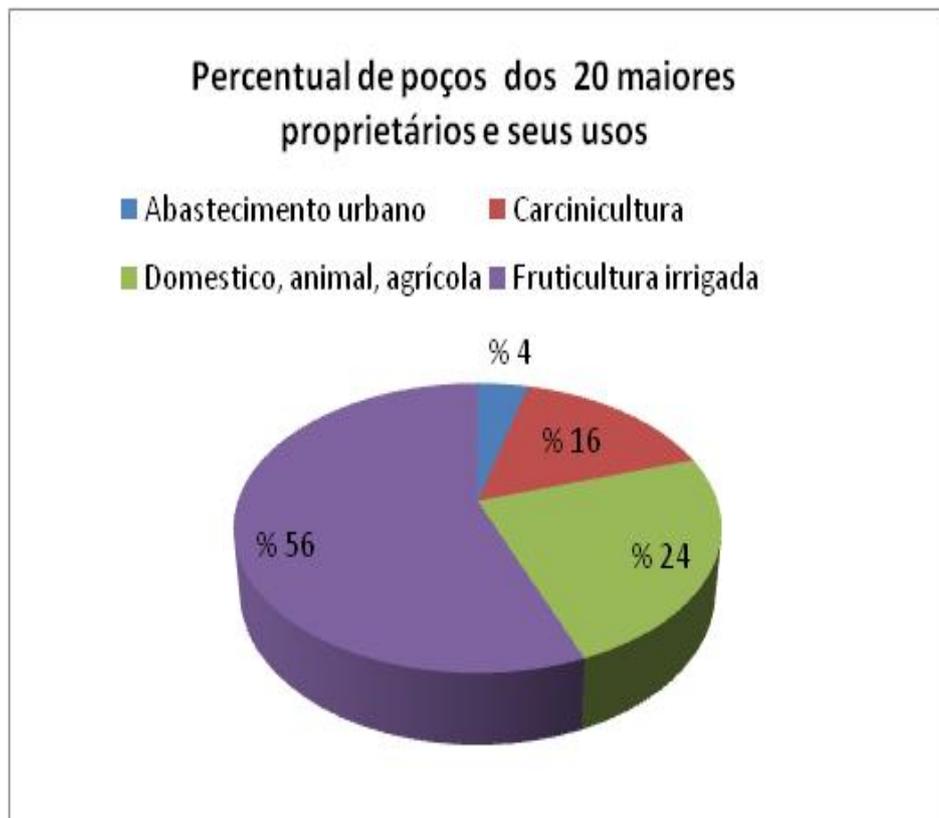


Figura 6.15 - Distribuição percentual da produção nos diferentes usos da água subterrânea, para os 20 maiores usuários (Figura 4.12b, Volume III).

6.3.2.2 - Reservas Reguladoras

O conjunto de informações sistematizadas para a estimativa das reservas reguladoras (recargas) para a região do estudo foi sistematizado conforme a figura 6.16 abaixo.

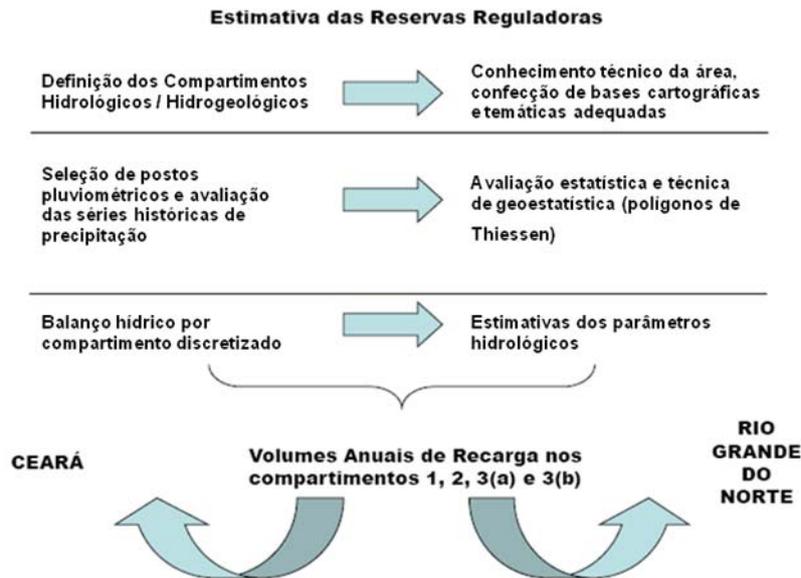


Figura 6.16 - Roteiro para a estimativa das reservas reguladoras do aquífero Jandaíra (Item 4.14 – Volume III).

Aquífero Jandaíra

A avaliação da recarga a partir de dados hidrológicos e de clima foi realizada através do balanço hídrico diário de Thornthwaite (1979-2008) com estimativa da precipitação média pelo método de Thiessen, fazendo uso dos totais mensais de chuvas diárias (item 4.7 - Volume III). O balanço foi feito em escala regional, por setor de bacia hidrográfica existente na área do Projeto uma vez que a drenagem do escoamento ($Q=I+R$) calculado no balanço é controlada pelos referidos compartimentos (A1 Jaguaribe; A2 Mata Fresca; A3 Apodi), naturalmente separados por linhas divisórias de escoamento superficial e, no caso, até de água subterrânea. Os resultados são os indicados na **tabela 6.7** abaixo.

O ponto essencial a ser notado nesses resultados é a incerteza hidrológica indicada pelos dados analisados, que reduz a recarga de 18,75 m³/s (com 50% de risco) para 2,95 m³/s com 10% de risco. O alto risco de se contar com a reserva reguladora, na área do Projeto, decorre, portanto, da irregularidade climática do semiárido nordestino, onde se convive com um regime de chuvas irregulares da ordem de 700 mm/ano e com um regime de evapotranspiração potencial praticamente constante de 1850 mm/ano. Isto significa que a sustentabilidade da exploração vai depender das reservas permanentes.

Tabela 6.7 - Recarga avaliada por compartimento na área do Projeto, a partir do balanço hídrico (1979 – 2008). Fonte: Volume III.

Setor	Bacia Hidrográfica	Área Km ²	50% Probabilidade		90% Probabilidade	
			mm	m ³ /s	mm	m ³ /s
A1	Rio Jaguaribe	518	51,2	0,84	5,5	0,09
A2 Norte	Riacho Mata Fresca	575	351,5	6,42	59,8	1,09
A2 Sul	Riacho Mata Fresca	750	400,5	9,54	68,2	1,62
A3	Rio Apodi	695	88,9	1,96	6,8	0,15
Total		2538		18,76		2,95

Aquífero Açú

Para o aquífero Açú na área do projeto, considerando seu grau de confinamento, as recargas foram consideradas desprezíveis e não foram estimadas.

6.3.2.3 - Reservas Permanentes

O conjunto de informações sistematizadas para a estimação das reservas permanentes para os aquíferos Jandaíra e Açú na região do estudo foi sistematizado conforme a **figura 6.17**.

Para o cálculo das reservas permanentes a Consultora utilizou a metodologia recomendada pela CTAF levando em conta, por setores de bacia, os seguintes parâmetros:

- Áreas de ocorrência dos aquíferos nos respectivos setores;
- Espessuras saturadas dos aquíferos, obtidas dos mapas de isópacas;
- Zoneamento da porosidade efetiva em 4 (quatro) faixas de valores inferidos a partir da análise e superposição dos 3 (três) planos de informação ou “layers”, seguintes: (i) Distribuição espacial das vazões informadas em 4 (quatro) faixas de valores; (ii) Distribuição espacial das estruturas cársticas levantadas em campo; (iii) Distribuição espacial do índice de carstificação elaborado por meio da eletrorresistividade.

O cálculo das reservas permanentes do aquífero Jandaíra utilizando o método de zoneamento descrito, foi feito apenas para a Camada 1, já que não existem informações sobre índice de carstificação para a camada 2.

No entanto, de acordo com os dados da eletrorresistividade, a resistência transversal da Camada 2 (camada inferior) do calcário Jandaíra é mais de 4 (quatro) vezes superior à resistência transversal da camada 1. Isto sugere uma *maior espessura* da camada 2 em relação à camada 1, partindo do princípio de que nos meios porosos homogêneos a resistência transversal é diretamente proporcional à transmissividade, ou seja, ao produto da condutividade hidráulica pela espessura da camada. Logo, para manter a consistência desse resultado com a expectativa de um ambiente menos carstificado ou mais compactado em profundidade, a condutividade hidráulica da camada inferior deve ser menor do que a da camada 1.

Vale lembrar que as espessuras médias do calcário entre Baraúna e Mossoró variam de aproximadamente 200 m a 400 m e que nenhum poço perfurado na região encontrou cavernas a profundidades superiores a 140 m no calcário

destes valores, muito embora exista consenso de que *a priori* os volumes exploráveis devem ser definidos no âmbito das reservas reguladoras e que deve estar submetido a constante revisão e crítica (o que é altamente recomendável considerando a complexidade de ambos os aquíferos Jandaíra e Açú). Do ponto de vista político, social e econômico deve-se partir do diagnóstico de uso atual, ou seja, de sua importância no atendimento de demandas de saneamento básico e de suporte à matriz produtiva regional e nas consequências de eventuais restrições ao uso atual e futuro.

Neste sentido, houve um consenso por parte de todos os atores envolvidos na CTAF de que para a região em foco no estudo, considerando as várias dimensões desta decisão:

- O aquífero Jandaíra por seu caráter livre, de mais fácil e barato acesso e, principalmente por possuir razoáveis reservas reguladoras deveria ser alvo prioritário para os mais variados usos, como de fato já vem sendo.
- Assim sendo, para o aquífero Jandaíra, os recursos exploráveis (para cada região discretizada no balanço hídrico) deveriam ser equivalentes ao volume das reservas reguladoras, sendo este um limite máximo a ser respeitado.
- O volume anual de recarga é uma variável de extrema dependência do regime de chuvas na região sendo este sabidamente heterogêneo. Frente a este fato, deve-se trabalhar com probabilidades de ocorrência. Assim sendo a CTAF chegou ao consenso de adotar a probabilidade de 50% como a mais razoável e ponto de referência e partida para a definição das reservas exploráveis.
- O aquífero Açú, dado seu caráter confinado, praticamente não possui recarga e, portanto, não apresenta reservas reguladoras. Toda e qualquer extração de água de sua matriz, acaba gerando perdas de pressão permanentes. Assim sendo, este reservatório é considerado de caráter estratégico, para uso de gerações futuras. Seu uso atual deve ser evitado, a não ser em casos pontuais, em áreas onde suas isópacas sejam de grande magnitude cujo uso seja destinado ao atendimento público, como de fato é o caso para a região de Baraúna e Mossoró.
- Em casos emergenciais, como estiagens prolongadas entre outros, as reservas permanentes do aquífero Jandaíra poderiam ser temporariamente utilizadas. Nestes casos, além do critério de vazões extraídas, convém utilizar um parâmetro de máximo rebaixamento permitido, conforme será discutido posteriormente nas diretrizes de outorga.

6.3.2.5 - Reservas Restantes

Conforme pode ser facilmente deduzível a partir das referidas **tabelas 6.8, 6.9 e 6.10**, as reservas restantes são resultado do balanço entre as reservas exploráveis e as reservas em exploração para cada setor/aquífero/Estado.

Do ponto de vista prático significa contar com uma reserva disponível para demandas futuras de curto a médio prazo, considerando as recentes taxas de incremento do número de usuários e volumes extraídos, experimentado pela área em questão.

De uma maneira sucinta, da leitura da **tabela 6.7** depreende-se uma série de conclusões, entre elas:

Reservas reguladoras ou renováveis: As reservas reguladoras ou renováveis, avaliadas com 50% de risco (pela média de longo período), no aquífero Jandaíra na área do Projeto, ascendem a 590 Hm³/ano (18,7 m³/s). Deste somatório, 259 Hm³/ano (8,2 m³/s) referem-se ao Estado do Ceará e 332 Hm³/ano (10,5 m³/s) ao Estado do Rio Grande do Norte, ou seja, os volumes gerados por recarga em ambos os Estados são bastante similares, 44% para o CE e 56% para o RN.

Reservas permanentes: Os estudos realizados resultaram nas seguintes estimativas das reservas permanentes:

Para o aquífero Jandaíra são da ordem de 36240 Hm³, dos quais 8232 Hm³ referem-se ao Ceará (23% do total) e 28008 Hm³ (77% do total) referem-se ao Rio Grande do Norte, devido ao aumento das espessuras do Jandaíra na direção do território Potiguar.

Para o aquífero Açú são da ordem de 33607 Hm³ dos quais 8325 Hm³ referem-se ao Ceará (25%) e 25282 Hm³ referem-se ao Rio Grande do Norte (75%), pelo mesmo motivo anterior, ou seja, aumento das espessuras saturadas na direção de Mossoró em território Potiguar.

Reservas Explotáveis: Por definição e consenso no âmbito da CTAF, as reservas explotáveis correspondem às reservas reguladoras e, por isso, possuem proporção idêntica.

Reservas em Explotação: Para o aquífero Jandaíra as reservas em uso equivalem a 41% das reservas explotáveis totais (soma para ambos os Estados). Para o aquífero Açú, esta soma representa 48% das reservas explotáveis totais. Avaliando a situação de cada Estado de forma particular observa-se que:

Ceará: 22% das reservas explotáveis encontram-se em exploração no aquífero Jandaíra e 0% no aquífero Açú. As reservas em exploração no Jandaíra no Ceará correspondem a 23% do total das reservas da região,

Rio Grande do Norte: 56% das reservas explotáveis encontram-se em exploração no aquífero Jandaíra e 62% no aquífero Açú. As reservas em exploração no Jandaíra no Rio Grande do Norte correspondem a 77% do total.

Este cenário mostra que no Rio Grande do Norte desenvolve uma exploração mais intensa das reservas reguladoras do aquífero Jandaíra.

Reservas Restantes: Para ambos os aquíferos em ambos os Estados, as reservas restantes são complementares às reservas em exploração. As reservas restantes do Jandaíra no Ceará e Rio Grande do Norte correspondem, respectivamente, à 58% e 42% do total da região.

Tabela 6.8 - Reservas estimadas para o Rio Grande do Norte (2009).

Estado	Aquífero	Reservas Reguladoras (m ³ /s)	Reservas Permanentes (Hm ³)	Reservas Explotáveis (m ³ /s)	Reservas em Explotação (m ³ /s)	Reservas Restantes (m ³ /s)
Rio Grande do Norte	Jandaíra	10,53	28008	10,53	5,94	4,60
	Açu	0	25282	0,67	0,42	0,25

Tabela 6.9 - Reservas estimadas para o Ceará (2009).

Estado	Aquífero	Reservas Reguladoras (m ³ /s)	Reservas Permanentes (Hm ³)	Reservas Explotáveis (m ³ /s)	Reservas em Explotação (m ³ /s)	Reservas Restantes (m ³ /s)
Ceará	Jandaíra	8,23	8232	8,23	1,81	6,41
	Açu	0	8325	0,19	0	0,19

Tabela 6.10 - Reservas estimadas para a área do estudo (2009).

Total	Aquífero	Reservas Reguladoras (m ³ /s)	Reservas Permanentes (Hm ³)	Reservas Explotáveis (m ³ /s)	Reservas em Explotação (m ³ /s)	Reservas Restantes (m ³ /s)
Ceará + Rio Grande do Norte	Jandaíra	18,76	33240	18,76	7,75	11,02
	Açu	0	33607	0,86	0,42	0,44

Fonte: Tabelas 4.61, 4.62 e 4.63 do Volume III.

6.4 – O Caminho para a Gestão

6.4.1 - Introdução

Nos Estados partícipes da presente iniciativa existem processos de gestão de recursos hídricos subterrâneos em andamento, cada qual com suas particularidades institucionais, legais e técnicas. Neste sentido vale notar que a aplicação de ferramentas ou instrumentos de gestão, como outorga, fiscalização, cobrança e monitoramento, de certa forma, podem ser consideradas uma realidade em ambos arranjos de gestão.

Busca-se a convergência ou sintonia de todo o processo de gestão em ambos os Estados. O ponto de partida é sem dúvida a construção de conhecimento de forma compartilhada e o desenvolvimento de um marco regulatório comum, valioso processo que foi levado a cabo pelos atores envolvidos nesta iniciativa.

Assim sendo, este capítulo, antes de empreender um diagnóstico da gestão e identificar os caminhos para seu aprimoramento (objetos de análise das partes seguintes), faz a transição entre o eminentemente técnico e a gestão. A ênfase portanto recai sobre a tradução e a transformação das principais contribuições técnicas sobre os aquíferos e suas reservas em diretrizes de gestão. Para torná-los concretos e operativos o zoneamento dos aquíferos desponta como tarefa fundamental. Subentende-se aqui a espacialização dos principais parâmetros de controle da quantidade e qualidade dos aquíferos. Ressalta-se que o zoneamento, enquanto proposta metodológica, foi alvo de intensas discussões nas reuniões da CTAF.

O caráter compartilhado e transfronteiriço da dinâmica aquífera na região faz do zoneamento uma estratégia fundamental, para a qual, valem as seguintes premissas:

- Embora sejam considerados corpos hídricos integrantes de uma mesma bacia sedimentar e de coincidência geográfica na área que encerra o marco regulatório, cada um dos aquíferos (Açu e Jandaíra) deve ter sua própria gestão, com instrumentos específicos para cada um deles;
- Dentro do polígono demarcado para o estudo existe uma região central denominada de sub-bacia Mata Fresca, a qual é seccionada pelo limite territorial-político de ambos os Estados e na qual efetivamente se processam fluxos interestaduais subterrâneos. Não faz sentido hidrogeológico considerar o efeito de fluxos interestaduais nas regiões a Oeste no Ceará na Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe e a Leste, no Rio Grande do Norte, na Bacia Hidrográfica do Apodi. Mesmo pertencendo à área delimitada para o estudo como um todo, os fluxos subterrâneos nas regiões citadas não são do tipo interestadual;
- Este fato não impede que as diretrizes e zoneamentos aqui estabelecidos não possam ser aplicados para estas regiões. Muito antes pelo contrário, o polígono inicial do marco regulatório deve ser mantido, sendo considerado extremamente salutar estender as diretrizes de gestão para toda a área original;
- Esta afirmação é corroborada pelo fato de que a gestão seguirá sendo de responsabilidade dos órgãos gestores estaduais, os quais terão plena

autonomia de aplicar os instrumentos de gestão que se fizerem necessários. Entretanto, quanto maior for o equilíbrio e a sintonia destas ações, mais efetiva e sustentável será a gestão dos recursos da região como um todo, independente do Estado. Neste caso, ocorre a gestão compartilhada de fato;

- No âmbito da gestão compartilhada, não é cogitada a exploração do aquífero Açú. Isto porque, além de suas reservas serem constituídas exclusivamente de paleoáguas esse aquífero já vem sendo explorado na área do projeto, pela CAERN, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, para abastecimento urbano de água em Mossoró e Baraúna, há mais de 40 anos em regime de exaustão, também chamado de não equilíbrio. Admite-se que o rebaixamento máximo permissível (RMP) para esse aquífero deva ser de 1/3 da carga de confinamento, em consonância com a regra de preservação dos 2/3 da reserva disponível sob pressão;
- A ênfase da gestão compartilhada, portanto, se concentra no aquífero Jandaíra para o qual definiu-se como reserva explotável, a recarga natural média de longo período, com 50% de probabilidade, acrescida, eventualmente, em épocas críticas de estiagem, de uma parte da reserva permanente. A parcela recomendada para uso nestes casos corresponderia a 1/3 do seu volume, de modo a proporcionar uma descarga adicional de $(V_{rp}/150) \text{ m}^3/\text{ano}$. Isto significa que essa decisão de longo alcance admite que a preservação de 2/3 do volume V_{rp} é bastante para as gerações futuras e suficiente para manter 2/3 da espessura saturada como zona de admissão de água para os poços de exploração. Deve ser entendido ainda que este é apenas um número geral de orientação, para o horizonte considerado de 50 anos. Ele pode variar de ano para ano de acordo com as necessidades de atendimento da demanda, desde que respeitada a condição de rebaixamento máximo permissível (RMP) de 1/3 da espessura saturada em zonas de exploração do aquífero (ZEA) a serem definidas no âmbito da área do projeto.

Considera-se que este conceito de RMP facilita a gestão sustentável das outorgas de água subterrânea, na medida em que o foco do controle da exploração, tendo em vista a concessão e fiscalização do direito de uso, é transferido do poço para a zona de exploração. Isto significa que para fins de outorga, o controle do RMP não precisa ser feito por poço, mas sim por zona de exploração. Sem dúvida esta abordagem traz efeitos sobre a estratégia de monitoramento. As características das zonas (número de poços, volumes extraídos, reservas disponíveis) deverão ser levadas em conta no momento de desenhar a respectiva rede de monitoramento.

Com base nesta discussão foram desenvolvidos três zoneamentos distintos: (i) zoneamento que estabelece as zonas de exploração (ZEA), (ii) zoneamento da qualidade da água subterrânea, sua potabilidade e restrições ao uso e, (iii) zoneamento de vulnerabilidade e risco à contaminação. Em adição a estes zoneamentos, foi gerada uma simulação para rebaixamentos máximos permitidos (RMP).

A integração destes zoneamentos em função das diretrizes para a gestão se realiza no **item 6.6.2**.

6.4.2 - Zonas de Exploração do Aquífero (ZEA)

O estabelecimento de zonas de exploração do aquífero baseia-se na condição heterogênea e na anisotropia dos aquíferos em termos de quantidade e qualidade, conforme foi descrito nos capítulos 2 e 3. A área global do estudo, um retângulo de 90 km x 38 km, foi dividida em 40 células regulares de 85,5 km² (9 km x 9,5 km), sendo que destas, 33 tiveram em seu interior porções significativas da área de estudo no domínio do aquífero Jandaíra.

O zoneamento do tipo ZEA foi aplicado somente para o aquífero livre Jandaíra.

Em cada uma das células foi equacionado um balanço tendo como vazão de entrada a recarga média de longo período e como descarga de saída, o somatório das vazões dos poços tubulares informadas no cadastro de usuários realizado em 2009 para a área do projeto. Este procedimento permitiu obter o mapa de zoneamento da exploração do aquífero Jandaíra em 2009, conforme **figura 6.18**, ou seja, um indicativo espacial dos excedentes e/ou dos déficits existentes em relação à recarga natural. Verificou-se que o número de poços existentes em operação em cada célula varia de 0 a mais de 130, estando concentrados principalmente nas células coincidentes com as regiões de Mossoró e Baraúna. Em algumas células existe déficit significativo em relação à recarga de longo período.

Embora esta conclusão baseada em vazões informadas encerre algum grau de incerteza, os monitoramentos de nível que vêm sendo conduzidos pela SEMARH no Rio Grande do Norte, deverão certamente indicar, a curto prazo, até que ponto esse quadro é preocupante. A julgar pelo índice de concentração de poços, esta é a realidade.

As conclusões que podem ser traçadas a partir do ZEA desenvolvido são as seguintes:

- As células com incidências de manchas vermelhas e laranja indicam déficit hídrico, ou seja, extrações em volumes superiores à recarga. Na verdade, do ponto de vista da gestão significa aplicar restrição quase que completa à abertura de novos poços além do controle sobre os poços existentes e sobre o uso atual da água extraída;
- O limite da cor alaranjado com o verde representa o limiar zero, ou seja, a linha onde as entradas equivalem às saídas. Assim sendo, também representa uma fronteira entre grupos de células com déficit hídrico e sem déficit hídrico;
- As cores azuis representam áreas de células onde existe certo conforto hídrico, ou seja, existem volumes disponíveis para serem outorgados;
- A situação do Rio Grande do Norte pode ser considerada mais crítica haja vista que as duas porções com déficits encontram-se em seu território, respectivamente nas imediações de Baraúna e Mossoró.

Obviamente, este cenário representa apenas um “retrato” do aquífero tendo como base as últimas medições de níveis realizadas. Trata-se de uma simplificação, na qual não estão sendo considerados os fluxos transversais, ou

seja, intercélulas. Neste caso se deve recorrer a modelamentos mais específicos de fluxo, conforme discutido no **item 4.12 Volume III**. Novamente entra em cena a ênfase no programa de monitoramento, cujo desenho deverá contemplar o cenário recém descrito.

A proposição das diretrizes específicas de gestão para cada célula será feita no **item 6.6.2**, onde este resultado será integrado com os demais zoneamentos para o aquífero. Convém ressaltar que a confecção deste “retrato” do aquífero, a cada ano, deverá ser tarefa do grupo técnico que acompanhará a efetivação do marco regulatório.

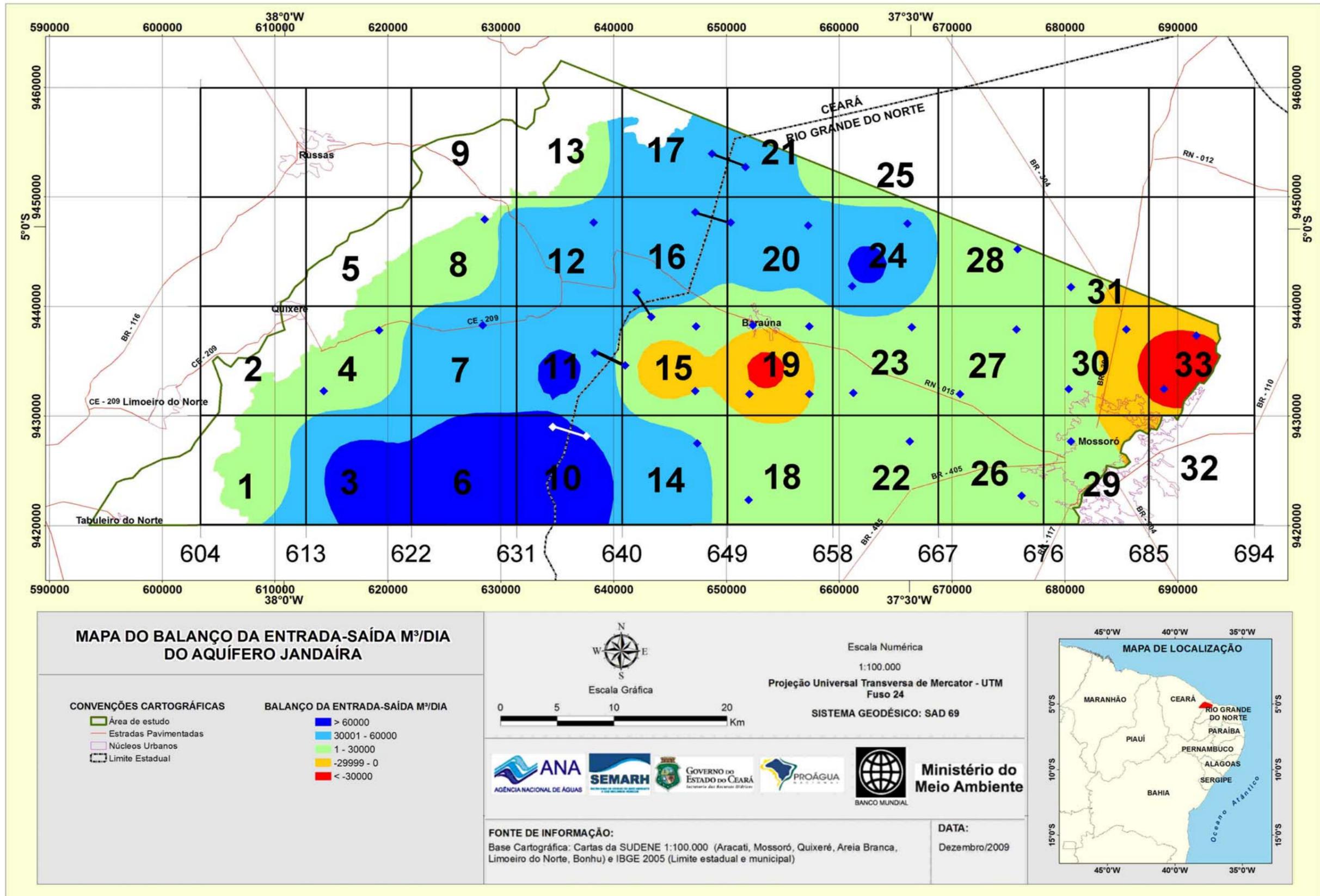


Figura 6.18 - Zonas de exploração do aquífero Jandaíra na Chapada do Apodi em 2009, definidas em função do balanço de entrada (recarga) menos saída por bombeamento de poços existentes, com localização de sensores para monitoramento (Fonte: Volume III).

6.4.3 - Zoneamento de Qualidade

Os aspectos de qualidade por definição devem ser integrados na racionalidade da gestão. As principais informações a respeito da qualidade de ambos os aquíferos, tanto Jandaíra como Açu são discutidas no **item 6.6.2**. Em função dos aspectos qualitativos de ambos os aquíferos se pode definir zonas de restrições a certos tipos de usos assim como zonas que requerem uma integração entre as políticas públicas de recursos hídricos e ordenamento de uso e ocupação do solo. Em ambos os aquíferos ocorrem heterogeneidades significativas, as quais tornam-se perceptíveis a partir da distribuição das classes conforme definido no **item 5.10 - Volume IV**.

Mapa de classes de água segundo o VMP

Sem todos os dados disponíveis para classificar as águas de acordo com o artigo 12 da Resolução CONAMA 396/2008, propomos classificar as águas separando-as em dois grupos:

- no primeiro a potabilidade das águas foi determinada utilizando dados de íons maiores, ferro, STD, dureza, cor e turbidez;
- no segundo grupo estão as águas que além da determinação das análises do primeiro grupo tiveram medidos alguns dos parâmetros, metais pesados, BTEX, fenóis, agrotóxicos e bactérias.

A classificação foi feita em função dos VMP (**item A5.11**), considerando:

- **classe 1** as águas com todos os parâmetros com valores menores do que o VMP;
- **classe 2** com um parâmetro com valor maior do que o VMP;
- **classe 3** com dois parâmetros > VMP;
- **classe 4** as amostras com três ou mais parâmetros > VMP;

A **figura 6.19** ilustra a distribuição das classes de água segundo o VMP.

Mapa de classes de Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os STD correspondem à massa total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida, durante um tempo fixado. Com base nos valores estimados de STD, as águas são classificadas em doces, salobras ou salgadas.

A distribuição de frequência de STD no aquífero Jandaíra segundo as faixas de água doce, salobra e salgada demonstra que a maioria das águas desse aquífero é salobra (70%) ou salgada (29%), ficando o percentual de água doce restrito a apenas 1%.

As concentrações de STD dos 12 (doze) poços analisados para o aquífero Açu, estão situadas no intervalo de 376 a 549 mg/L, indicativos de águas de boa qualidade para consumo humano. O valor médio é de 532 mg/L.

A **figura 6.20** ilustra a distribuição das classes de água conforme o STD.

Mapas de Aptidão de Uso para Irrigação

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos desenvolveu um diagrama para classificar as águas quanto ao uso na agricultura considerando a Condutividade Elétrica como fator de salinidade e a Razão de Adsorção de Sódio como fator de risco de sódio (USSLS, 1954). Partindo-se destas determinações, os mapas mostram a distribuição das condutividades elétricas e a de sólidos totais dissolvidos das águas subterrâneas dos aquíferos Jandaíra e Açú.

No que diz respeito ao aquífero Jandaíra, ocorrem dois grupos distintos de águas, respectivamente as águas condutividade elétrica inferior a 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dominantes na bacia do riacho Mata Fresca e no oeste da área e águas com condutividade elétrica superior a 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dominantes na zona leste da área afetada pela língua salgada do vale do Apodi, nas proximidades de Mossoró. Estas últimas se encontram em uma zona de difusão iônica de sais marinhos, sendo inadequadas ao uso na irrigação, pois apresentam risco de sódio forte e muito forte e risco de salinidade muito alto a excepcionalmente alto. No primeiro e mais representativo grupo predominam águas do tipo **C3S1** (62%) que, embora tenham baixo risco de sódio, têm alto risco de salinidade, sendo águas adequadas somente para uso em solos bem drenados.

A qualidade da água do aquífero Açú para irrigação é predominantemente do tipo **C2S1** que indica médio risco de salinidade e baixo risco de sódio. Na porção oeste da área em território Cearense, os sedimentos finos (folhelhos, argilitos, siltitos e arenitos finos) pertencentes à Formação Açú, do ponto de vista hidrogeológico é considerada um aquífero, sendo correlacionado ao aquífero Quebradas.

A **figura 6.21** apresenta os zoneamentos das águas subterrâneas do aquífero Jandaíra para fins de uso na irrigação.

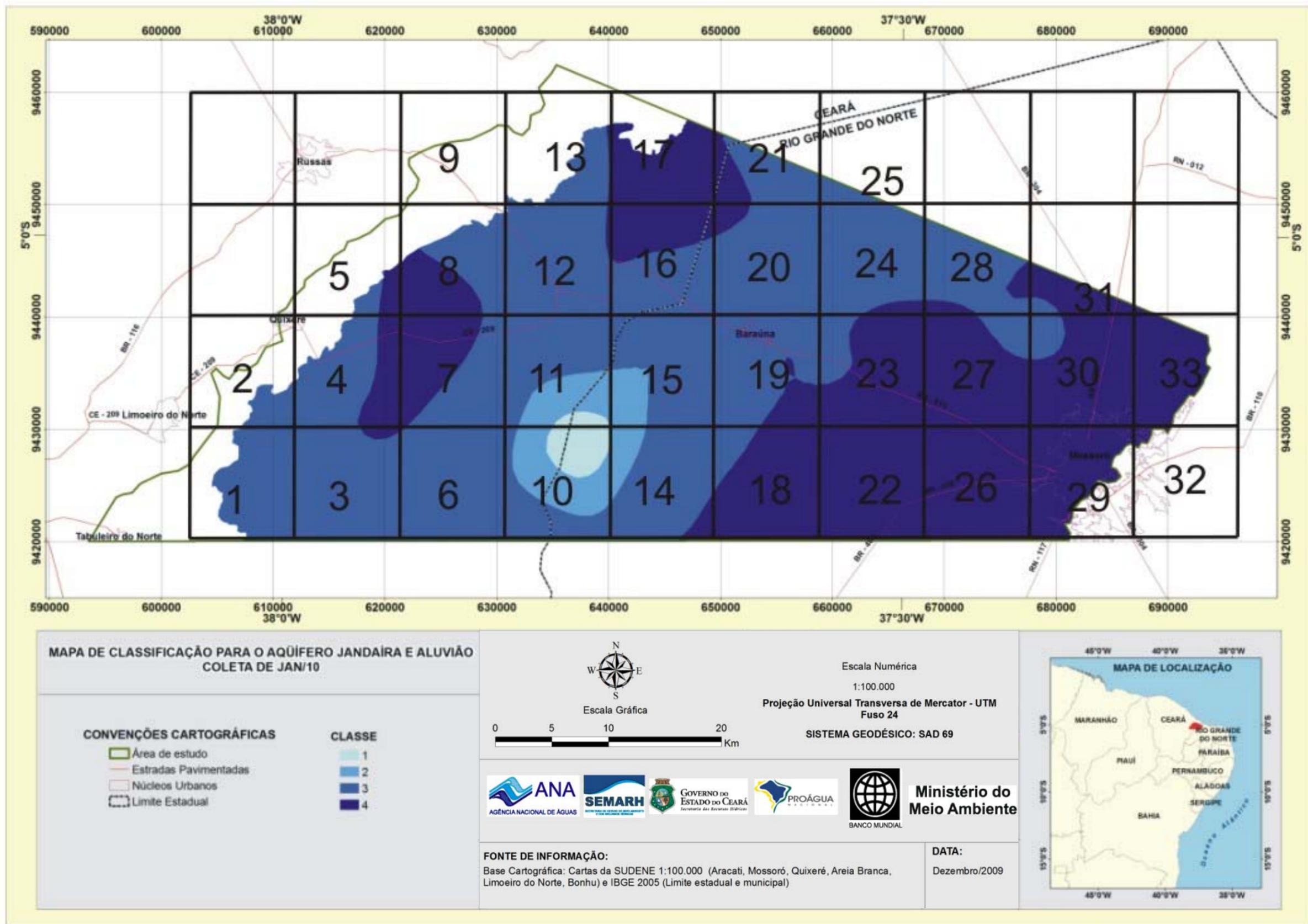


Figura 6.19 - Zoneamentos relativos a qualidade das águas do aquífero Jandaíra, Classes segundo VMP (Fonte: Volume IV).

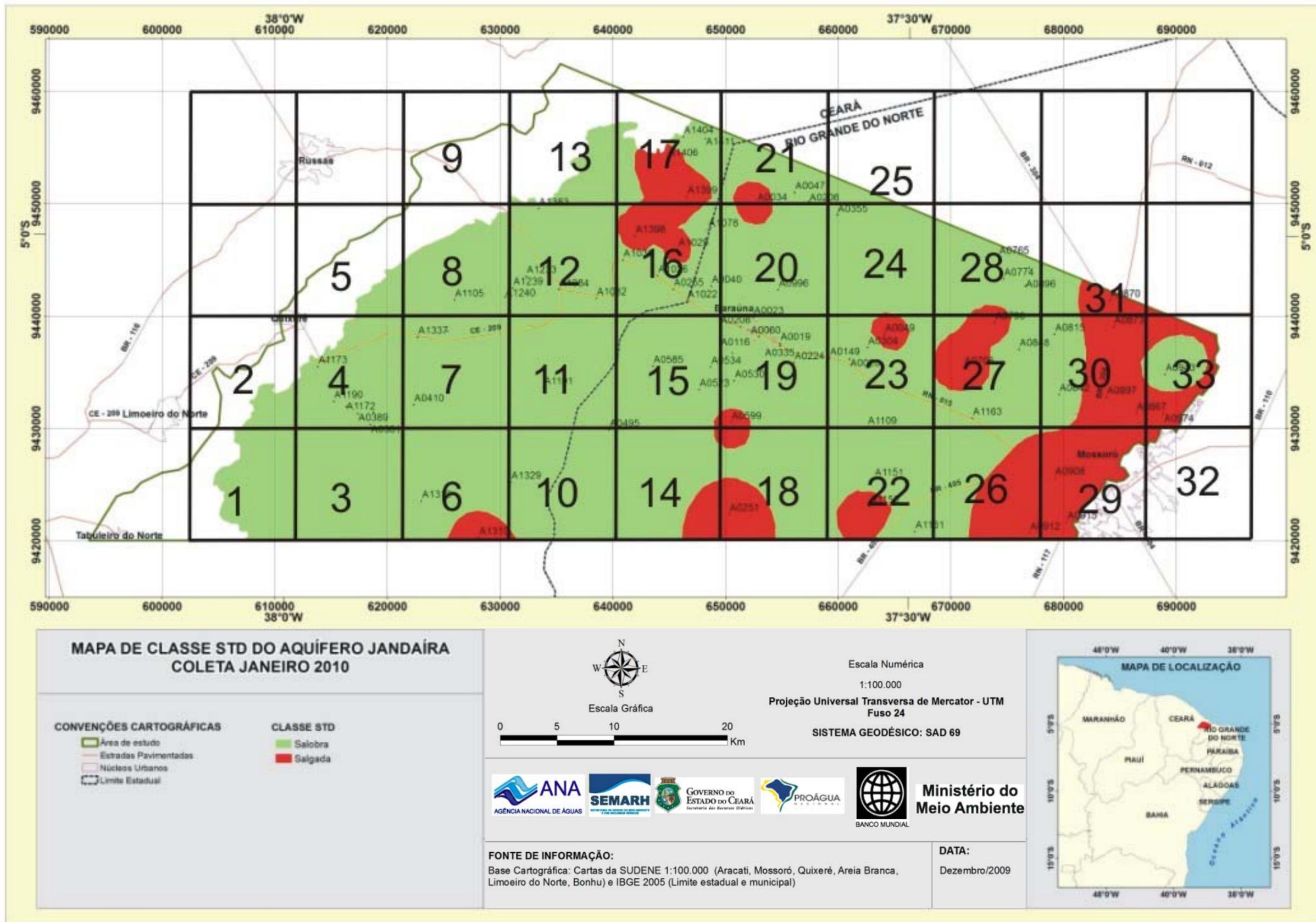


Figura 6.20 - Zoneamentos relativos a qualidade das águas do aquífero Jandaíra, Classes segundo tipos de água em função do STD (Fonte: Volume IV).

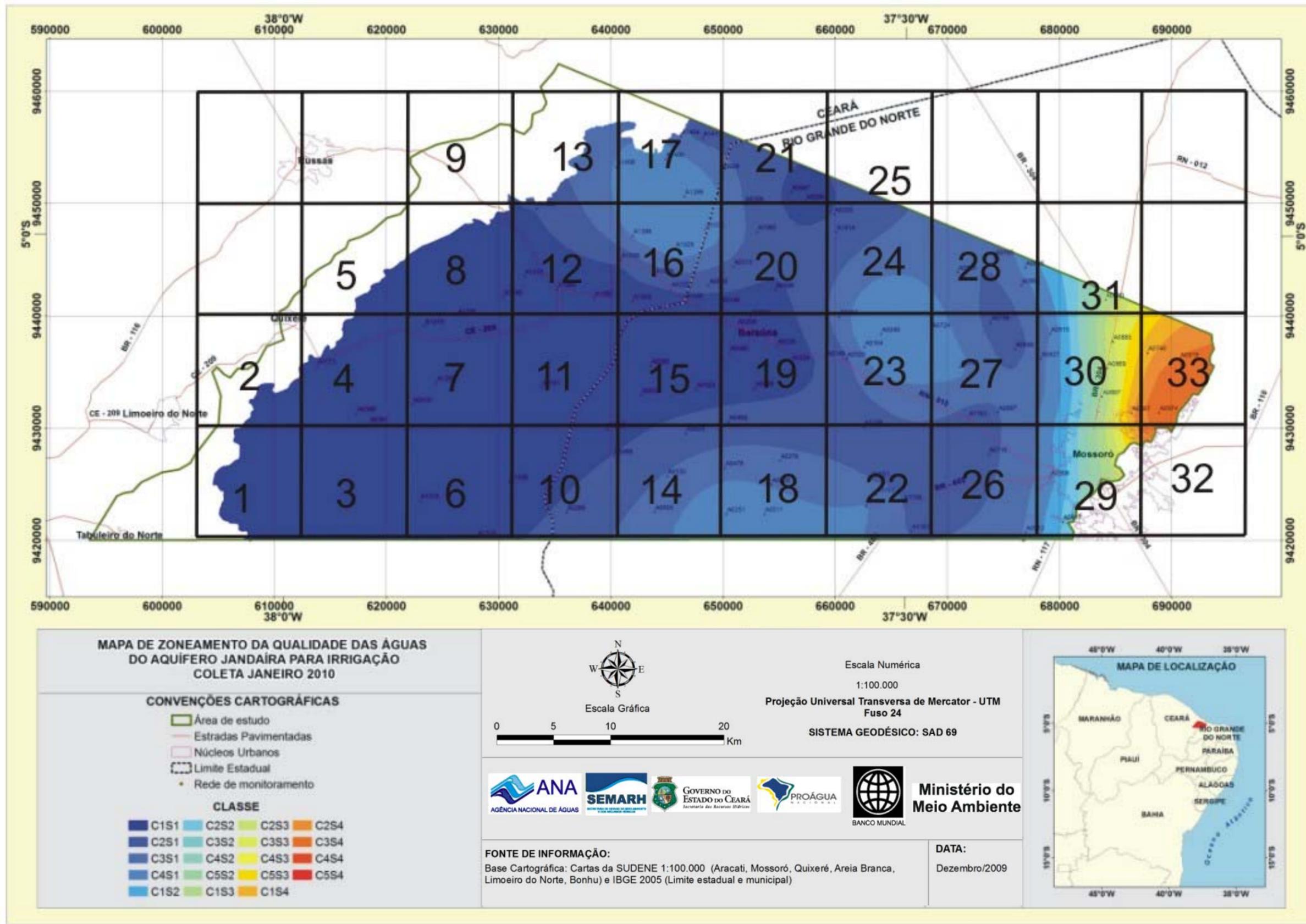


Figura 6.21 - Zoneamentos relativos a qualidade das águas do aquífero Jandaíra segundo classes de água para fins de irrigação (Fonte: Volume IV).

6.4.4 – Zoneamento de Vulnerabilidade e Risco

De forma complementar ao zoneamento da qualidade, o mapeamento da vulnerabilidade, enquanto propriedade intrínseca do aquífero, e o mapeamento do risco, função da vulnerabilidade e dos padrões de uso e ocupação do solo, são considerados indispensáveis na avaliação integrada das diretrizes de gestão. De forma adicional, a identificação das áreas de recarga a partir do mapa potenciométrico agrega outro um importante nível de informação para efeitos da gestão. É a recarga que sustenta toda a dinâmica do aquífero Jandaíra e, portanto, as áreas onde a mesma se processa com maior intensidade devem ser preservadas.

Mapa potenciométrico

Mapa que mostra na escala regional as principais zonas de recarga do aquífero Jandaíra. A manutenção da integridade física das áreas de recarga e de sua funcionalidade como tal é uma tarefa fundamental.

Mapa de Vulnerabilidade

Mapa que identifica a distribuição das principais classes de vulnerabilidade na área estudada. As áreas interpretadas como de mais alta vulnerabilidade devem receber mais atenção com a adoção de critérios mais restritivos para o uso e ocupação do solo (principalmente em relação ao controle de fontes poluidoras, como poderia ser o caso da armazenagem inadequada de recipientes de agrotóxicos, entre outros).

Mapa de Risco

Mapa resultante do cruzamento da vulnerabilidade com as fontes atuais e potenciais de contaminação. Assim sendo, deve ser interpretado como um cenário tendencial para fins preventivos.

Respectivamente, as **figuras 6.22, 6.23 e 6.24** ilustram o zoneamento para as zonas de recarga, vulnerabilidade e risco do aquífero Jandaíra.

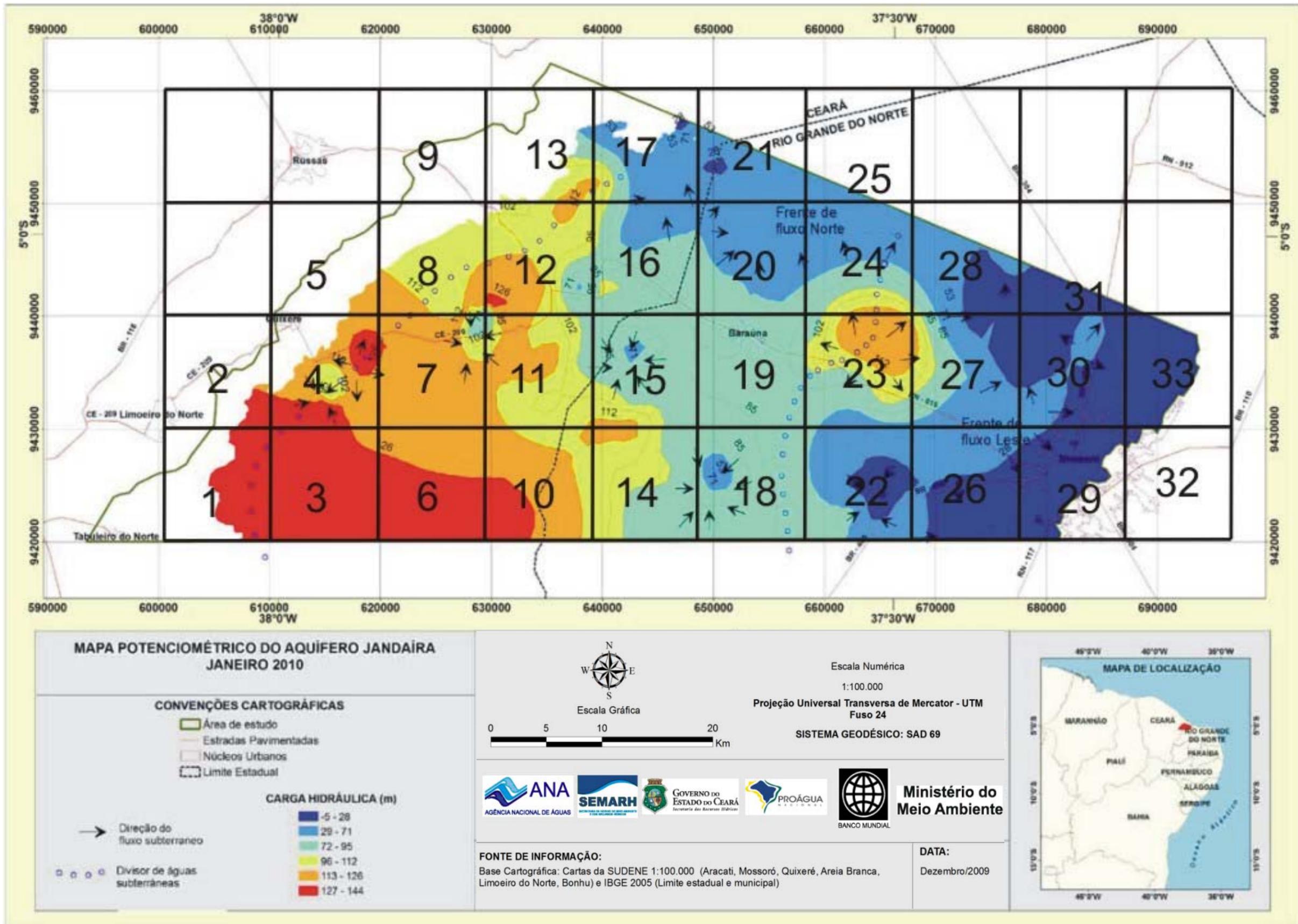


Figura 6.22 - Zoneamento das principais áreas de recarga do aquífero Jandaíra (Fonte: Volume III).

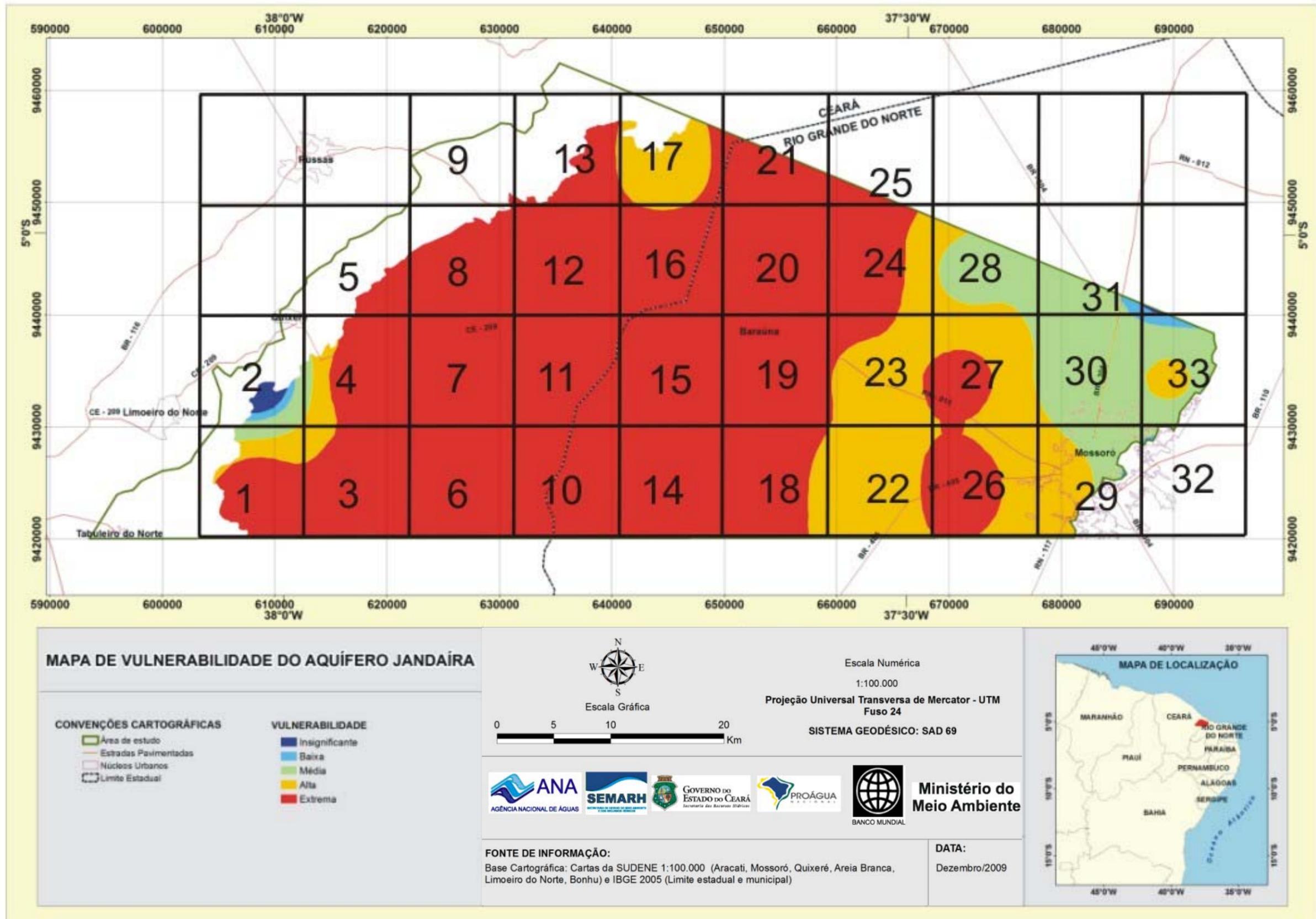


Figura 6.23 - Zoneamento da Vulnerabilidade do aquífero Jandaíra (Fonte: Volume IV).

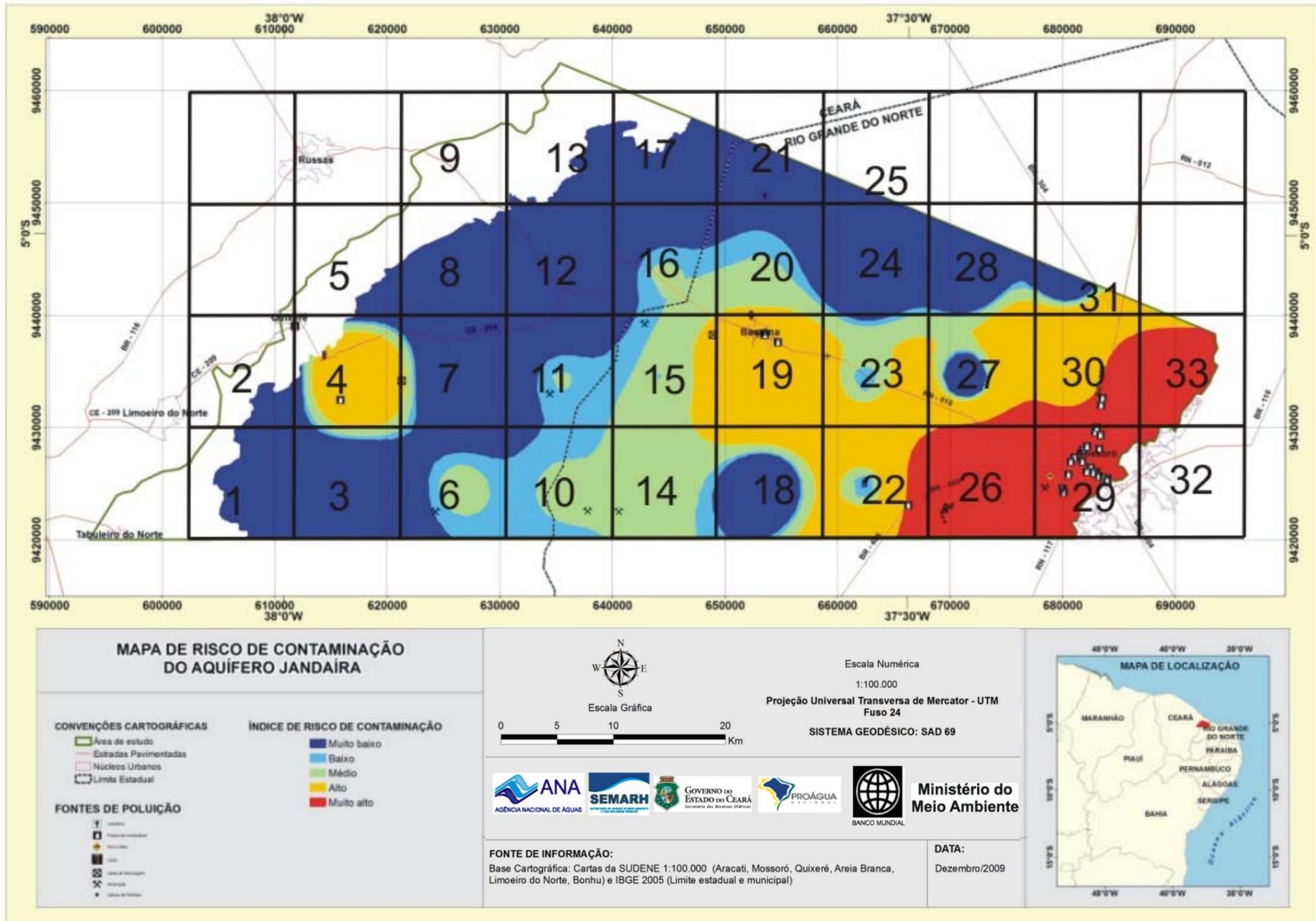


Figura 6.24 - Zoneamento do risco de contaminação do aquífero Jandaíra (Fonte: Volume IV).

6.4.5 – Zoneamento de Rebaixamentos Máximos Permitidos (RMP)

No intuito de contar com níveis potenciométricos limites, a partir dos quais, dever-se-ia controlar as extrações ou até proibi-las, foram desenvolvidas simulações para o aquífero Jandaíra. Estas simulações representam uma abordagem analítica para o conceito do rebaixamento máximo permissível (RMP). A **figura 6.25** mostra o esquema conceitual onde constam os níveis estáticos pretéritos (obtidos através de simulação matemática regional) e o resultado do rebaixamento induzido (em 1/3 da espessura saturada ponto a ponto).

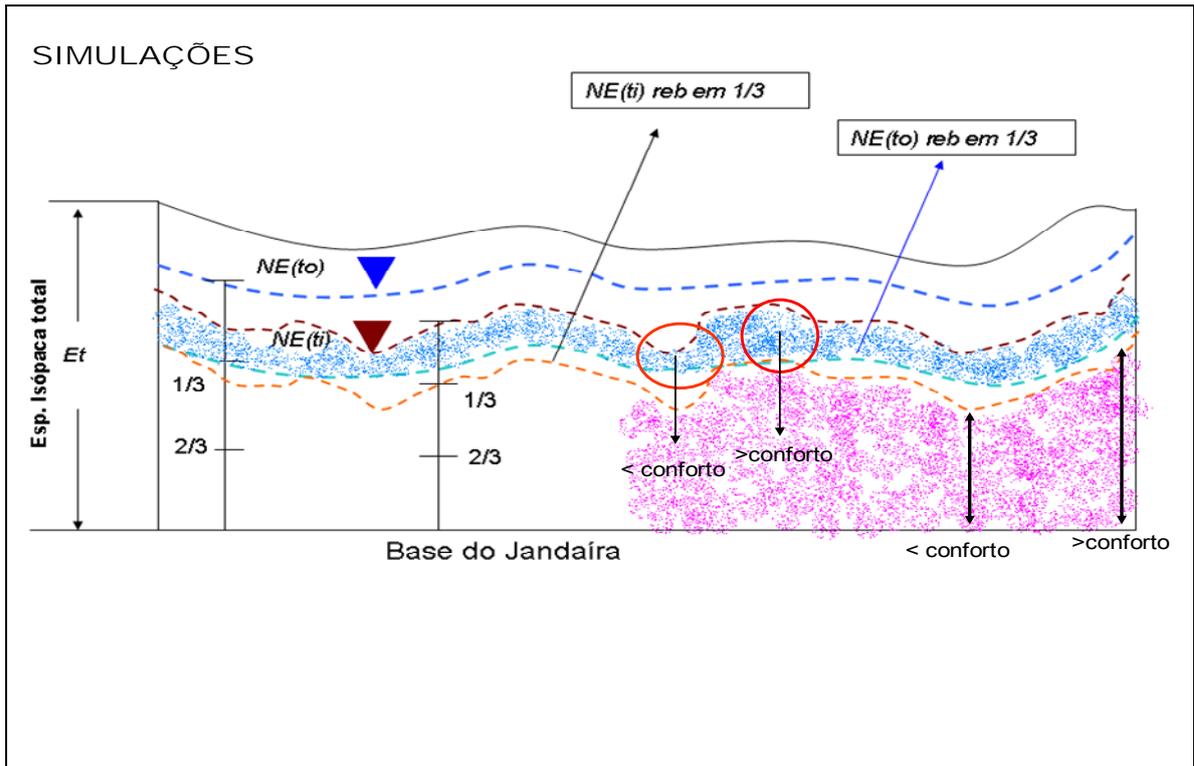


Figura 6.25 - Modelo conceitual hipotético utilizado nas simulações de RMP.

A configuração dos níveis resultantes representa, portanto, o limite máximo de rebaixamento para o referido aquífero (reservando 2/3 da espessura saturada do mesmo para as gerações futuras). A comparação desta superfície hipotética e resultante desta operação para toda a área do projeto com os níveis potenciométricos medidos atuais, fornece a dimensão e a distribuição espacial do que se denomina, por um lado, áreas de conforto hídrico e, por outro, áreas críticas (caso o resultado seja um número negativo). Os resultados desta simulação para ambas as potencimetrias de agosto de 2009 e janeiro de 2010 apontam para o mesmo cenário. Para efeitos de zoneamento, foi escolhido o resultado de janeiro de 2010, como pode ser visto na **figura 6.26**.

Uma segunda maneira de manipular os dados de níveis e isópacas leva em conta a potencimetria atual assumindo-a como sendo a superfície de referência e induzindo o seu rebaixamento em 1/3 da espessura saturada ponto a ponto (o que pode ser visualizado nas linhas em tom vermelho no esquema).

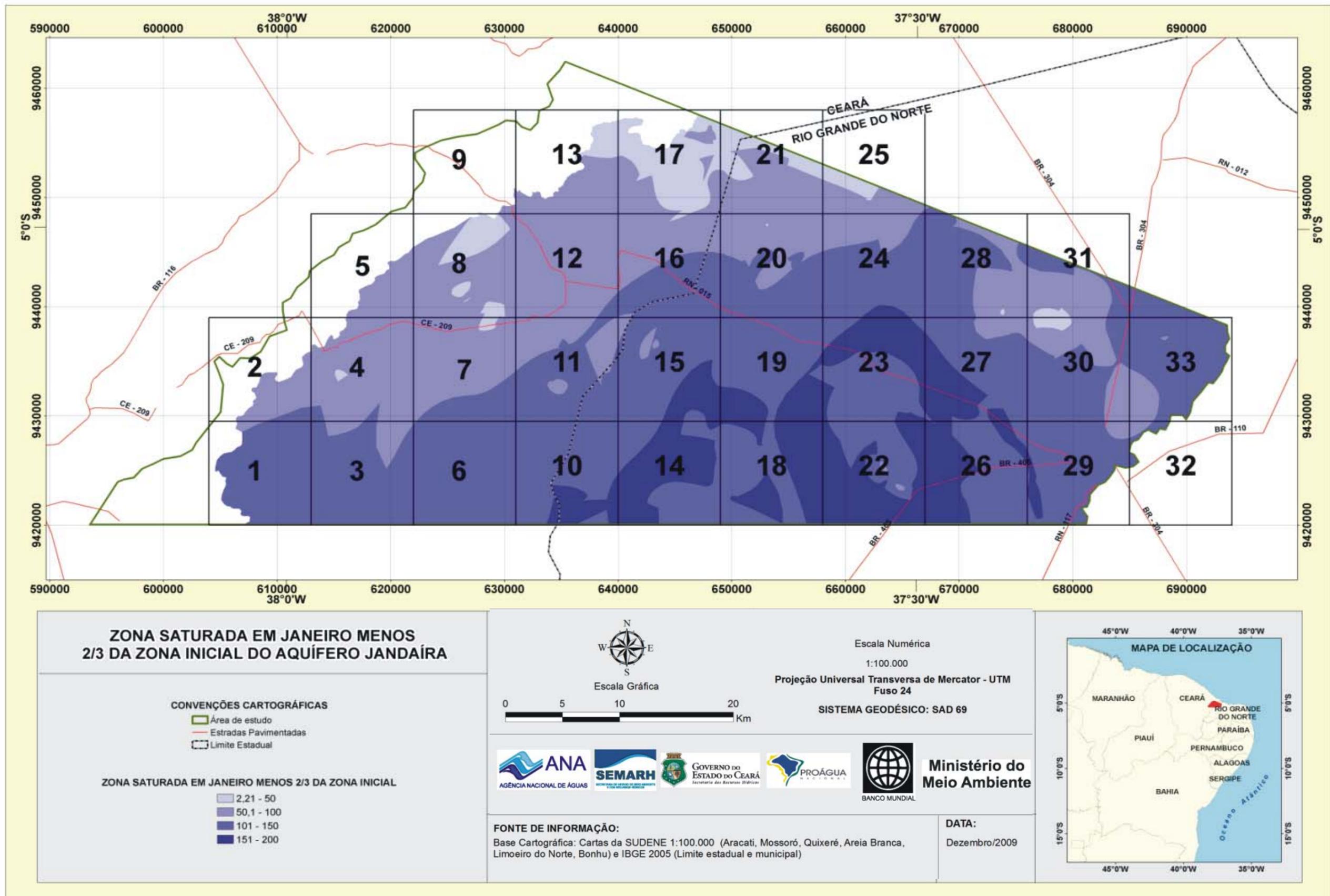


Figura 6.26 – Áreas consideradas críticas conforme simulação 1.

Segundo este procedimento, a avaliação de conforto pode ser gerada a partir da espessura de aquífero saturado final, ou seja, a dimensão linear de corpo aquífero saturado posicionado entre a linha rebaixada e a base do respectivo aquífero. O resultado pode ser observado na **figura 6.27**.

Interessante observar que ambas as figuras podem ser geradas logo após a sistematização dos dados das campanhas de monitoramento dos poços, ou seja, são ferramentas dinâmicas e práticas que podem apoiar as decisões de concessão de outorga.

As conclusões que podem ser obtidas através das simulações são as seguintes:

- No quadrante Noroeste do polígono estudado, em território Cearense, observam-se manchas críticas, ou seja, áreas onde teoricamente os níveis do aquífero Jandaíra, já estariam próximos dos valores de RMP (em magnitudes de espessura linear de aquífero saturado variando de 5 a 50 m). Estas manchas coincidem com áreas onde o Jandaíra apresenta as menores espessuras, mostrando um forte controle da distribuição das isópacas. São áreas de baixo potencial hidrogeológico.
- Logo ao norte da área urbana de Mossoró no RN ocorrem manchas críticas, estas sim associadas com as expressivas retiradas de água do aquífero Jandaíra.
- Toda a parte central do polígono, justamente em torno de Baraúna, o cenário de níveis é de maior conforto, em virtude das grandes espessuras saturadas que o aquífero ali desenvolve.
- De modo geral o grau de conforto diminui de forma concêntrica a partir da porção central sul do polígono.
- Da segunda simulação, a que relaciona a espessura saturada remanescente no aquífero rebaixando a superfície potenciométrica atual em 1/3, resultam cenários de tendências similares à anterior.
- De forma concêntrica a partir das áreas de maiores isópacas, ocorrem franjas de decrescente valor de espessuras saturadas remanescentes no aquífero.
- Nas bordas da área, principalmente a oeste, podem haver áreas com pouca espessura saturada disponível.

Ambas as simulações (**figuras 6.26 e 6.27**) foram discretizadas com o mesmo arranjo de células, conforme aplicado na ZEA, configurando assim uma camada adicional de diretrizes para a gestão.

Sugere-se um controle do RMP por zona de exploração, em concordância com o preconizado a partir da ZEA. Além disto, estes resultados devem ser incorporados como argumento na rede de monitoramento permanente para a região estudada. Conforme já foi discutido anteriormente, as propriedades cársticas do aquífero Jandaíra impõem anisotropias e heterogeneidades ao seu comportamento hidrogeológico. Significa que estas simulações devem ser interpretadas como uma referência apenas e não como um valor absoluto. Nos chamados “piscinões” do aquífero Jandaíra, ou seja, em suas áreas altamente

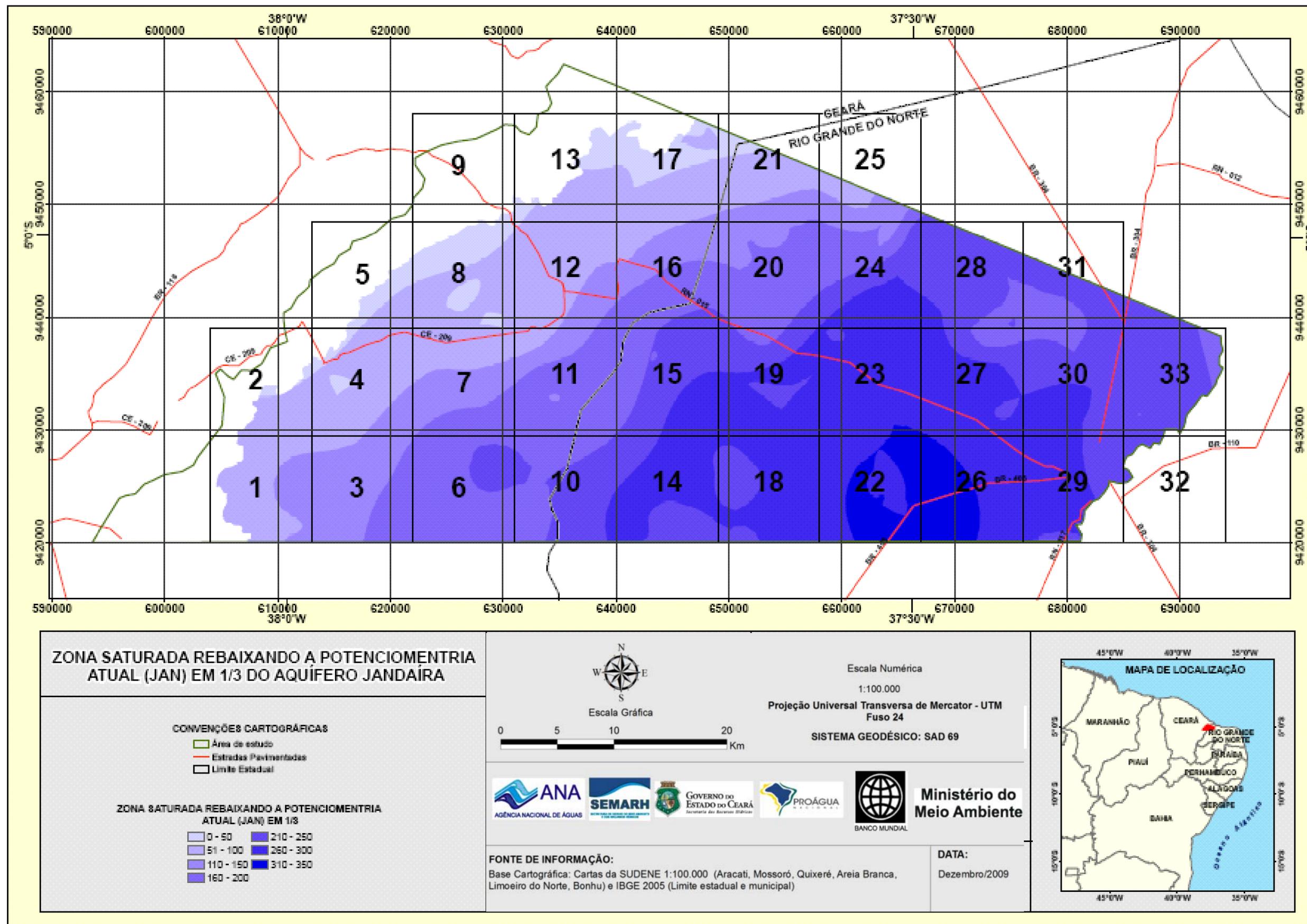


Figura 6.27 – Áreas consideradas críticas conforme simulação 2.

carstificadas, as quais exercem a função de recarga pontual, seguramente a extração de enormes vazões teria pouco efeito em termos de rebaixamentos. Significa que nestas áreas, a simulação não tem o menor sentido, sendo que, para estes casos, o controle sobre os volumes extraídos em função da ZEA é muito mais efetivo.

6.5 – Diagnóstico Legal e Institucional

6.5.1 - Introdução

Ambos os Estados (RN e CE) dispõem de estrutura institucional e base legal adequada para implementar a gestão de recursos hídricos superficial e subterrânea. No entanto, no que tange à administração das águas subterrâneas observa-se um certo descompasso se comparado ao nível de avanço dos recursos superficiais, ficando sempre em segundo plano na ordem das prioridades políticas. Esta situação é decorrente, dentre outros:

- da não existência de pressão para que sejam desenvolvidos mecanismos de administração e para que seja ampliado o conhecimento sobre a situação dos sistemas aquíferos;
- do conceito, até pouco tempo em voga, de que as águas subterrâneas se constituíam unicamente em “reservas estratégicas” inibindo o aprimoramento do conhecimento técnico e do desenvolvimento de mecanismos legais e institucionais para a gestão das mesmas;
- da aparente maior facilidade e menor custo de acesso às reservas superficiais;
- do fato de que as águas superficiais possuem e permitem uma diversidade de usos maior do que as águas subterrâneas sendo igualmente maior a probabilidade de ocorrência de conflitos entre os diversos setores que a utilizam.

A situação dos organismos gestores de recursos hídricos (com raras exceções), no que se refere ao seu preparo técnico e organizacional para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, é reflexo de um processo histórico de priorização da administração das águas superficiais.

As águas subterrâneas, entretanto, passam a assumir importância progressiva no suprimento das demandas de água, sendo que, para o caso da área específica da iniciativa, constitui a principal fonte de atendimento às demandas de uso, principalmente na irrigação. Estas demandas incrementais conduzem a possíveis conflitos de uso, para cuja mediação, até poucos anos, não existiam normativas e estruturas institucionais adequadas.

Este cenário levou à necessidade do estabelecimento de normativas para o disciplinamento do uso da água subterrânea e do fortalecimento das estruturas institucionais, dentre as quais, apenas a primeira ação (construção de normas legais) foi efetivamente executada.

Dispõe-se hoje de um conjunto de diplomas legais que, salvo a necessidade de complementações, suportam a tomada de decisão e a execução de ações voltadas à gestão das águas subterrâneas. Sua efetividade, no entanto, carece de apoio e fortalecimento estrutural, de recursos humanos e de uma articulação institucional mais adequada. O objetivo deste capítulo é realizar um diagnóstico da gestão atual das águas subterrâneas em ambos os Estados à luz desta rica iniciativa de gestão compartilhada.

6.5.2 - Arcabouço Legal e Institucional

Além da convergência técnica, alcançada a partir da construção da informação hidrogeológica de forma consensuada e conjunta, a iniciativa de formulação de um marco regulatório deve estar alicerçada em bases legais e institucionais sólidas e harmônicas. Para tanto se faz necessário empreender um diagnóstico legal e institucional no sentido de avaliar os espaços e caminhos já instituídos de gestão em cada um dos Estados. E mais do que isso, buscar espaços comuns onde realizar na prática a gestão compartilhada de ambos aquíferos Açu e Jandaíra no âmbito da área definida nesta iniciativa.

Incidem nesta discussão os instrumentos legais considerados pilares da política de gestão de recursos hídricos no âmbito nacional, a saber:

- Lei nº 9.433 de 08/01/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Lei nº 9.984 de 17/07/2000 – Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA;
- Resolução CNRH nº 05 de 10/06/00 – Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacia Hidrográfica.

De maneira geral, em nível estadual, pra o Estado do Rio Grande do Norte competem os seguintes instrumentos:

- Lei nº 6.908 de 01/07/1996 - Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (composto de Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH; Secretaria Estadual de Recursos Hídricos e Projetos Especiais (SERHID) e Comitês de Bacias Hidrográficas.
- Lei nº 8.086 de 15/04/2002 - Cria o Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte;
- Decreto nº 13.836 de 11/03/1998 - Regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos;
- Resolução CERH Nº 02 de 15/12/2003 - Regulamenta a instalação de Comitês de Bacias no Estado do Rio Grande do Norte.

Em relação aos comitês de bacias hidrográficas, no âmbito do SIGERH-RN foram criados dois comitês: Rio Pitimbu (estadual) e Piranhas-Açu (federal). A Bacia do Apodi, unidade territorial a qual a região da sub-bacia do Mata Fresca tende a ser anexada, ainda não conta com comitê em operação e tampouco com diagnóstico de bacia.

O Estado conta Plano Estadual onde constam dados de oferta e de demanda de recursos hídricos das bacias hidrográficas estabelecidas no território norterio-grandense. Estes dados têm implicações nas reservas explotáveis de água subterrânea e nas demandas da área do projeto em apreço.

No Estado do Ceará o sistema de gestão foi iniciado com a Lei 11.996/1992 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos (SIGERH).

Merece destacar que o Conselho de Recursos Hídricos do Ceará (CONERH) encontra-se em funcionamento desde fevereiro de 1994, dispondo de duas Câmaras Técnicas, uma delas a de água subterrânea.

O órgão encarregado da gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos é a Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH-CE), criado pela Lei nº 12.217/1993. Vários foram os comitês de bacias hidrográficas instaladas sob a coordenação da COGERH-CE, em especial a do Baixo Jaguaribe, em cujos domínios se coloca a área de interesse interestadual de fluxos subterrâneos, na denominada sub-bacia Mata Fresca.

Além dos marcos supracitados no Ceará, também possuem relevância os seguintes antecedentes:

- Decreto 25.391 de 1999 que cria o comitê do Baixo Jaguaribe;
- Portaria 220/2002 que autoriza a COGERH a receber e protocolar pedidos de outorga de uso e licenças para obras;
- Resolução 02 de 2004 que cria as três câmaras técnicas de assessoria à Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH: Outorga, Licença e Conflitos, que terão por objetivo assessorar a Coordenadoria de Gestão de Recursos Hídricos, no tocante à normatização de processos e dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos;
- Resolução 02 de 2005 e Resolução 03 de 2006 que cria a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas e aprova seu regimento, respectivamente;
- Resolução 07 de 2006 que cria grupo de trabalho específico para estudar alternativas de uso racional na irrigação;
- Resolução 03 de 2009 que atualiza os valores de cobrança.

A síntese dos marcos legais mais importantes relacionados às águas subterrâneas encontra-se sistematizada nas **tabelas 6.11 a 6.13** e de sua análise se constata o seguinte:

- Existe uma harmonia muito grande no que tange aos objetivos, princípios, diretrizes, instrumentos e condução da política estadual de recursos hídricos em ambos os Estados;
- Em ambas as leis estão previstos espaços de articulação intergovernamental com o Governo Federal, Estados vizinhos e os Municípios para a compatibilização de planos de uso e preservação dos recursos, ou seja, iniciativas muito similares às de construção de um marco regulatório;
- A água subterrânea é devidamente reconhecida como integrante do ciclo hidrológico, cujos reservatórios, os aquíferos são considerados corpos hídricos os quais podem ser explorados através de obras hídricas do tipo poços tubulares;
- Em ambos os casos, a bacia hidrográfica é destacada como a unidade de planejamento, alvo de estudos e programas através dos planos

estaduais de recursos hídricos e planos de bacias (em cujo âmbito se processa de fato a participação pública);

- Os instrumentos de gestão são reconhecidamente os mesmos com aplicação explícita sobre as águas subterrâneas.

As diferenças são perceptíveis quando se adentra nas questões de aplicação prática dos instrumentos de gestão e, em sua regulamentação. Se observa que o Ceará conta com uma robustez institucional e legal mais constituída, o que lhe permite enquanto Estado a realizar com sucesso a cobrança. A cobrança pressupõe que todos os passos anteriores de licença prévia e outorga tenham sido satisfeitos. Além deste indicativo, observa-se também um número muito maior de matérias legais específicas com reflexos na forma pela qual o recurso hídrico é encarado na esfera das políticas públicas. Isto de maneira nenhuma representa uma crítica ao sistema de gestão realizado no Rio Grande do Norte e muito menos representa um obstáculo à iniciativa de gestão compartilhada aqui em foco.

Tabela 6.11 - Leis Estaduais de recursos hídricos.

Política Estadual de Recursos Hídricos	Rio Grande do Norte	Ceará
Leis/Decretos	Lei 6.908 de 1996	Lei 11.996 de 1992
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> planejar, desenvolver e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, controle, conservação, proteção e preservação dos recursos hídricos; assegurar que a água possa ser controlada e utilizada em padrões de quantidade e qualidade satisfatórios por seus usuários atuais e pelas gerações futuras. 	<ul style="list-style-type: none"> compatibilizar a ação humana, em qualquer de suas manifestações, com a dinâmica do ciclo hidrológico assegurando as condições para o desenvolvimento econômico e social, com melhoria da qualidade de vida e em equilíbrio com o meio ambiente; assegurar que a água, recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social possa ser controlada e utilizada, em padrões de qualidade e quantidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras; planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, controle, conservação, proteção e preservação dos recursos hídricos.
Princípios	<p>abastecimento humano como prioridade; bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento; a distribuição da água obedece a critérios sociais, econômicos e ambientais; concordância com o desenvolvimento sustentável; valoração econômica da água; outorga do direito de uso da água como instrumento essencial.</p>	<p><u>Princípios Fundamentais:</u> gerenciamento integrado, descentralizado e participativo sem a dissociação dos aspectos qualitativos e quantitativos, considerando as fases aérea, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico; bacia como unidade básica; água como recurso limitado de expressivo valor econômico; a outorga de direitos de seu uso como instrumento essencial de gerenciamento; prioridade maior para o abastecimento de populações;</p> <p><u>Princípios de Aproveitamento:</u> (i) os reservatórios de acumulação de águas superficiais devem ser incentivados para usos múltiplos; (ii) os corpos de águas destinados ao abastecimento humano devem ter seus padrões de qualidade compatíveis com essa finalidade; (iii) campanhas para uso correto da água visando sua conservação.</p> <p><u>Princípios de Gestão:</u> (i) institucionalização de um Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos; (ii) incentivos à participação dos Municípios e dos usuários de água de cada Bacia; (iii) o Plano Estadual de Recursos Hídricos deve ser revisto e atualizado.</p>
Diretrizes	<p>(i) maximização dos benefícios econômicos e sociais, resultantes do uso; (ii) proteção das bacias hidrográficas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro; (iii) desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção das águas subterrâneas, contra a poluição e a exploração excessiva ou não controlada; (iv) articulação intergovernamental com o Governo Federal, Estados vizinhos e os Municípios, para a compatibilização de planos de uso e preservação dos recursos hídricos.</p>	<p>(i) prioridade máxima ao aumento de oferta d'água e em qualquer circunstância, ao abastecimento às populações humanas; (ii) proteção contra ações que possam comprometer a qualidade das águas; (iii) prevenção da erosão dos solos urbanos e agrícolas com vistas à proteção dos campos e cursos d'água; (iv) zoneamento de áreas inundáveis com restrições ao uso; (v) estabelecimento, em conjunto com os Municípios, de um sistema de alerta e defesa civil para cuidar da segurança e saúde públicas quando da ocorrência de eventos hidrológicos extremos; (vi) proteção da flora, da fauna e do meio ambiente; (vii) articulação intergovernamental com o Governo Federal, Estados vizinhos e os Municípios para a compatibilização de planos de uso e preservação dos recursos;</p>

Tabela 6.11 (continuação).

Política Estadual de Recursos Hídricos	Rio Grande do Norte	Ceará
Diretrizes		(viii) estabelecimento de cadastro de poços, inventário de mananciais e de usuários, com vistas a racionalização do uso da água subterrânea; (ix) definição conjunta, pelo Estado, União e Municípios das prioridades para construção, pela União, de grandes reservatórios em rios de domínio estadual; (x) A fixação de tarifa ou preço público pela utilização da água obedecerá a critérios a serem definidos pelo Conselho de Recursos Hídricos do Ceará.
Instrumentos	Plano Estadual de Recursos Hídricos; Fundo Estadual de Recursos Hídricos; a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e o licenciamento de obras hídricas; a cobrança pelo uso da água.	Plano Estadual de Recursos Hídricos; Fundo Estadual de Recursos Hídricos; a outorga do direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água, rateio dos custos das obras de recursos hídricos.
Condução	Instituição do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos - SIGERH, cuja estrutura organizacional compreende: Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH; Secretaria Estadual de Recursos Hídricos e Projetos Especiais - SERHID; Comitês de Bacias Hidrográficas	<p>Instituição do Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH, que congrega instituições estaduais, federais e municipais intervenientes no Planejamento, Administração e Regulamentação dos Recursos Hídricos (Sistema de Gestão), responsáveis pelas obras e serviços de Oferta, Utilização e Preservação dos Recursos Hídricos (Sistemas Afins) e serviços de Planejamento e Coordenação Geral, Incentivos Econômicos e Fiscais, Ciência e Tecnologia Defesa Civil e Meio Ambiente (Sistemas Correlatos), bem como aqueles representativos dos usuários de águas e da sociedade civil.</p> <p>A sociedade civil, as instituições Estaduais e Federais envolvidas com recursos hídricos, assim como as entidades congregadoras de interesses municipais participarão do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará. As Prefeituras Municipais, as Instituições Federais e Estaduais envolvidas com Recursos Hídricos e a Sociedade Civil, inclusive Associações de usuários, participarão do SIGERH nos Comitês de Bacias Hidrográficas e no Comitê das Bacias da Região Metropolitana de Fortaleza.</p>

Tabela 6.12 - Marcos Legais estaduais específicos para as águas subterrâneas no Rio Grande do Norte.

Águas Subterrâneas	Instrumentos Legais e Conteúdo Básico
Outorga	<p>Decreto nº 13.283, de 22/03/1997 - Regulamentação Outorgas e Licenças</p> <ul style="list-style-type: none"> •Recolhe novamente os princípios e diretrizes da lei 6908; •Reconhece: (i) os aquíferos como corpos de água subterrânea que se encontram em um determinado lugar, podendo variar em sua quantidade ao longo do tempo; (ii) poço como estrutura hidráulica construída no subsolo para captação de água subterrânea; (iii) a capacidade de recarga do aquífero como a reposição sazonal da água retirada ou evadida da reserva subterrânea; (iv) a vazão de exploração recomendada como a vazão máxima de exploração do poço, compatível com os parâmetros hidrodinâmicos e hidroquímicos do aquífero e com as suas características construtivas; •Considera as águas subterrâneas como uma fase indissociável da unidade do ciclo hidrológico. •Introduz a obrigatoriedade de outorga prévia junto a Secretaria de recursos hídricos para captações de água subterrânea para consumo final ou para insumo de processo produtivo acima de 1m³/h; •Estabelece uma ordem de prioridade ao direito ao uso: 1) abastecimento de água para consumo humano em residências, hospitais, estabelecimentos de ensino, quartéis, presídios, e outros estabelecimentos coletivos semelhantes; 2) abastecimento de água para consumo humano em entidades públicas ou privadas; 3) água para fins de dessedentação animal; 4) abastecimento de água para fins de produção rural, compreendendo irrigação, pecuária, piscicultura, e outros; 5) abastecimento de água para fins de produção industrial, comercial e de prestação de serviços; 6) usos definidos pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH. •Em igualdade de ordem, decidir-se-á em favor daquele que detenha a licença prévia disciplinada neste regulamento, e, na ausência desta ou persistindo o empate, terá preferência o que melhor atender aos interesses sociais. •Indica que a disponibilidade hídrica será avaliada em função das características hidrogeológicas da bacia subterrânea onde incide a outorga, observando-se que o referencial quantitativo deverá levar em conta: (i) a capacidade de recarga do aquífero, prevista em portaria, fundamentada em estudo hidrogeológico específico; (ii) a interferência provocada pelo poço em poços circunvizinhos. •Estabelece um prazo de 35 anos como prazo máximo de vigência da outorga de direito de uso de água. •Estabelece que a implantação, ampliação e alteração de projeto de qualquer empreendimento que demande a utilização de recursos hídricos subterrâneos, bem como a execução de obras ou serviços que alterem o seu regime em quantidade e/ou qualidade dependerá de licença prévia da Secretaria de Recursos Hídricos – SERHID. <p>A Licença prévia será expedida, mediante parecer técnico, após exame dos documentos autorizando a implantação de obra ou serviço de oferta hídrica, de acordo com as especificações do projeto aprovado, em coerência com o Plano Estadual de Recursos Hídricos.</p>
Disciplina a expedição de licenças para perfuração de poços em zonas urbanas	<p>Resolução nº 04, de 25 de outubro de 2004</p> <p>Considera: (i) a deficiência dos serviços de esgotamento sanitário e os crescentes registros de contaminação das águas subterrâneas nas áreas urbanas; (ii) a crescente demanda e a necessidade de controle da reservas das águas subterrâneas, para evitar a exaustão dos aquíferos;</p>

Tabela 6.12 (continuação).

Águas Subterrâneas	Instrumentos Legais e Conteúdo Básico
<p>Disciplina a expedição de licenças para perfuração de poços em zonas urbanas</p>	<p>(iii) inexistência do monitoramento permanente quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas e do balanço hidrológico nas áreas sedimentares; (iv) que as concessionárias de serviços de distribuição de água atualmente existentes no Estado captam e distribuem água de qualidade adequada ao consumo humano.</p> <p>Resolve: (i) que a concessão de licença de obra de oferta hídrica que demande a captação de águas subterrâneas, armazenadas em formações geológicas sedimentares, na zona urbana dos municípios, fica condicionada à apresentação, pelo interessado, de declaração expressa da impossibilidade de atendimento pela rede pública, expedida pela concessionária de serviços de distribuição de água e esgoto do respectivo município.</p> <ul style="list-style-type: none"> • declaração expressa da impossibilidade de atendimento pela rede pública, expedida pela concessionária de serviços de distribuição de água e esgoto do respectivo município.
<p>Estabelece diretrizes de articulação dos procedimentos para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos e da licença ambiental.</p>	<p>Resolução conjunta nº 01, de 21 de fevereiro de 2008 Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONEMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considera a necessidade do fortalecimento dos Sistemas de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos e a articulação dos processos de licenciamento ambiental e de outorga de direito de uso de recursos hídricos. • Resolve que: (i) a outorga de direito de uso de recursos hídricos deverá ser apresentada ao órgão ambiental licenciador para obtenção da Licença de Instalação; (ii) para a obtenção da Licença de Regularização de Operação, junto ao órgão ambiental licenciador, o empreendedor deverá apresentar a outorga de direito de uso dos recursos hídricos emitida pela autoridade outorgante.

Tabela 6.13 - Principais Marcos Legais estaduais específicos para as águas subterrâneas no Ceará.

Águas Subterrâneas	Instrumentos Legais e Conteúdo Básico
Criação da SRH	<p>Lei 11.306 de 1987</p> <p><u>Organização</u></p> <p>I - Conselho de Recursos Hídricos do Ceará - CONERH; II - Comitê Estadual de Recursos Hídricos - COMIRH; III - Secretaria dos Recursos Hídricos - Órgão Gestor; IV - Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FUNORH; V - Comitê de Bacias hidrográficas - CBH's; VI - Comitê das Bacias da Região Metropolitana de Fortaleza- CBRMF; VII - Instituições Estaduais, Federais e Municipais responsáveis por funções hídricas.</p>
Criação da COGERH	<p>Lei 12.217 de 1993</p> <p>É criada a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH, entidade da Administração Pública Indireta dotada de personalidade jurídica própria, que se organizará sob a forma de sociedade anônima, de capital autorizado, tendo como finalidade gerenciar a oferta dos recursos hídricos constantes dos corpos d'água superficiais e subterrâneos de domínio do Estado, visando a equacionar as questões referentes ao seu aproveitamento e controle: (i) desenvolver estudos visando a quantificar as disponibilidades e demandas das águas para múltiplos fins; (ii) implantar um sistema de informações sobre recursos hídricos, através da coleta de dados, estatística e cadastro de usos da água visando a subsidiar as tomadas de decisões; (iii) desenvolver ações no sentido de subsidiar o aperfeiçoamento do suporte legal ao exercício da gestão das águas; (iv) desenvolver ações que preservem a qualidade das águas, de acordo com os padrões requeridos para usos múltiplos; (v) desenvolver ações para que a Gestão dos Recursos Hídricos seja descentralizada, participativa e integrada em relação aos demais recursos naturais; (vi) adotar a bacia hidrográfica como base e considerar o ciclo hidrológico, em todas as suas fases; (vii) realizar outras atividades que, direta ou indiretamente, explícita ou implicitamente, digam respeito aos seus objetivos.</p>

Tabela 6.13 (continuação)

Águas Subterrâneas	Instrumentos Legais e Conteúdo Básico
<p>Regulamenta outorga do direito de uso dos recursos hídricos, cria o Sistema de Outorga para Uso da Água e dá outras providências.</p>	<p>Decreto nº 23.067, de 11 de fevereiro de 1994</p> <p>Recolhe os princípios da Lei 11.996 de 1992 e afirma a coerência com as diretrizes do PLANERH (Plano Estadual)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconhece: (i) as águas subterrâneas como uma fase indissociável da unidade do ciclo hidrológico; (ii) os aquíferos como corpos de água subterrânea que se encontram em um determinado lugar, podendo variar em sua quantidade ao longo do tempo; (iii) a vazão nominal de teste de poço como sendo a descarga regularizada pelo poço no período de 24 hs; (iv) capacidade de recarga do aquífero como sendo a reposição sazonal da água retirada ou evadida de reserva subterrânea; • Identifica que dependerá de prévia outorga da Secretaria dos Recursos Hídricos, o uso de águas dominiais do Estado, que envolva: (i) derivação ou captação de parcela de recursos hídricos existentes em um corpo d'água, para consumo final ou para insumo de processo produtivo; • Determina que não se exigirá outorga de direito de uso de água na hipótese de captação direta na fonte, superficial ou subterrânea cujo consumo não exceda de 2.000 l/h; • Determina que o pedido de outorga do direito de uso de águas será processado perante a Secretaria dos Recursos Hídricos através de formulário padrão por ela fornecido e instruído; • Estabelece a ordem de deferimento: (i) abastecimento doméstico, (ii) abastecimento coletivo especial, compreendendo hospitais, quartéis, presídios, colégios etc.; (iii) outros abastecimentos coletivos de cidades, distritos, povoados e demais núcleos habitacionais, de caráter não residencial, compreendendo abastecimento de entidades públicas, do comércio e da indústria ligados à rede urbana; (iv) uso da água, mediante captação direta para fins industriais, comerciais e de prestação de serviços; (v) uso da água, mediante captação direta ou por infra-estrutura de abastecimento para fins agrícolas, compreendendo irrigação, pecuária, piscicultura etc.; (vi) outros usos permitidos em portaria. • Estabelece como critério a disponibilidade hídrica e as características hidrogeológicas do local de incidência da outorga, observando a vazão nominal de teste do poço, ou a capacidade de recarga do aquífero. • Determina que o direito de uso poderá ser temporariamente limitado ou suspenso, a critério exclusivo da Secretaria dos Recursos Hídricos • Estabelece como 10 anos o prazo máximo de vigência da outorga de direito de uso de água, podendo ser renovado a critério da Secretaria dos Recursos Hídricos ou de entidades por ela delegada para gerenciamento. • A apresentação da outorga prévia é pré-requisito para a concessão de financiamento no Banco do Estado do Ceará e a Secretaria dos Recursos Hídricos desenvolverá articulação junto aos demais bancos oficiais e particulares a que procedam de igual modo. • A Secretaria dos Recursos Hídricos e a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, articular-se-ão visando a integrar suas respectivas licenças e a outorga do direito de uso da água, de sorte a evitar-se repetição de exigências, aproveitando-se, sempre que possível, os elementos e dados para uma e outra licença e outorga.

Tabela 6.13 (continuação).

Águas Subterrâneas	Instrumentos Legais e Conteúdo Básico
Regulamenta o controle técnico das obras de oferta hídrica e dá outras providências	<p>Decreto nº 23.068, de 11 de fevereiro de 1994</p> <ul style="list-style-type: none"> •Identifica o Poço como estrutura hidráulica escavada ou perfurada no solo para captação de água subterrânea. •Classifica o poço quanto à profundidade (raso, medianamente profundo e profundo) e quanto à vazão nominalmente de teste (pequena vazão, média vazão e grande vazão); •Define que dependerá de licença prévia todo e qualquer obra ou serviço de oferta hídrica, nas águas dominiais do Estado, suscetíveis de alterar o regime, a quantidade ou qualidade dos recursos hídricos, incluindo poços. •Define condições de inexigibilidade de licença prévia para poços com vazões pequenas e poços rasos, salvo que não estejam locados em zonas sedimentares consideradas estratégicas. •O pedido de licença prévia será processado perante a Secretaria dos Recursos hídricos, através de formulários padrão por ela fornecido e instruído. <p>Descreve a fiscalização e a possibilidade de penalizações.</p>
Regulamenta a cobrança pelo uso da água estabelecendo a tarifação	<p>Decreto nº 29.373, de 08 de agosto de 2008.</p> <ul style="list-style-type: none"> •A cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do Estado do Ceará ou da União por delegação de competência decorrerá da outorga do direito de seu uso, emitida pela Secretaria dos Recursos Hídricos, e será efetivada de acordo com o estabelecido neste Decreto, objetivando viabilizar recursos para as atividades de gestão dos recursos hídricos, para obras de infra-estrutura operacional do sistema de oferta hídrica, bem como incentivar a racionalização do uso da água. •A tarifa a ser cobrada pelo uso dos recursos hídricos será calculada utilizando-se a fórmula $T(u) = (TxVef)$, variando conforme o tipo de uso e a existência ou não de adução da COGERH. •Os recursos financeiros oriundos da cobrança pela utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos dominiais do Estado serão aplicados de acordo com o que estabelece o art. 2º da Lei nº 12.245, de 30 de dezembro de 1993, alterado pela Lei nº 12.664, de 30 de dezembro de 1996. •A outorga de direito de uso dos recursos hídricos será expedida através de Portaria, pela Secretaria dos Recursos Hídricos, que deverá publicá-la no Diário Oficial do Estado, em forma de extrato. •Descreve a forma de leitura das medições. •Descreve a fiscalização e a possibilidade de penalizações.

6.5.3 - Instrumentos de Gestão

Neste capítulo se pretende realizar uma revisão objetiva dos instrumentos de gestão atualmente vigentes em ambos os Estados, com ênfase na outorga, cobrança e participação pública.

6.5.3.1 – Outorga dos Direitos de Uso

A outorga do direito de uso dos recursos hídricos é o instrumento pelo qual o poder público atribui ao interessado, público ou privado, o direito de usar privativamente o recurso hídrico. A outorga tem como objetivo assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Relativamente às águas subterrâneas, a outorga é contemplada no caput do art. 12, parágrafo II, da Lei 9.433/97. Procedimentos técnico-administrativos gerais de outorga foram estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2001a) através da Resolução 16/2001 que abrange os segmentos superficiais e subterrâneos dos recursos hídricos. Especificamente, as águas subterrâneas estão sujeitas à outorga por meio do Art. 4º e seu parágrafo único, a seguir reproduzido:

Art. 4º Estão sujeitos à outorga: I - a derivação ou captação de parcela de 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 - o uso para fins de aproveitamento de potenciais hidrelétricos; e V - outros usos e/ou interferências, que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Parágrafo único. A outorga poderá abranger direito de uso múltiplo e/ou integrado de recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, ficando o outorgado responsável pela observância concomitante de todos os usos a ele outorgados.

A referida Resolução 16/2001 do CNRH (2001a), cria a figura da “outorga preventiva” que “não confere direito de uso de recursos hídricos e se destina a reservar a vazão passível de outorga, possibilitando, aos investidores, o planejamento de empreendimentos que necessitem desses recursos” (art. 7º, § 1º). No caso das águas subterrâneas, não somente o planejamento, mas, a própria execução do empreendimento, no caso o poço ou outra estrutura de captação qualquer. A outorga de direito de uso somente seria analisada e emitida após os resultados conseguidos com a execução do empreendimento.

Entretanto nem a Lei 9.433/97 nem a Resolução 16/2001 CNRH 2001a estabeleceram os critérios específicos para outorga de uso dos recursos hídricos preconizados pelo art. 21, inciso XIX da CF/1988. Os únicos enunciados que remetem a critérios são as que dizem que a outorga deve respeitar as prioridades de uso estabelecidas nos planos de recursos hídricos, a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso, e preservar o uso múltiplo destes (art. 13 e seu parágrafo único da Lei 9.433/97). Além

disso, estabeleceu que o prazo de outorga de uso não excederá a 35 anos, renovável (art. 16 desta mesma Lei).

Quais os critérios que devem ser genericamente seguidos e utilizados no processo de outorga? Quais os limites e condições? Tratam-se de perguntas cujas respostas não poderiam ser satisfeitos por normas com ampla e irrestrita aplicação em todo o território nacional. O fato é que, no que diz respeito à outorga das águas subterrâneas este vácuo tem sido preenchido por Leis e Decretos estaduais.

6.5.3.2 - Outorgas na Área do Projeto

As informações disponíveis sobre outorga de água na área de estudo fornecidas pelo Sistema de Outorga e Licença (SOL) da SRH/COGERH/CE contemplam principalmente os municípios de Jaguaruana, Quixeré, Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte no Estado do Ceará e os municípios de Baraúna e Mossoró, no Rio Grande do Norte, segundo os dados da SEMARH/RN. Esses 6 (seis) municípios cobrem 99% da área do projeto. Nos municípios restantes (Aracati, Russas e Dix-Sept Rosado), que ocupam apenas 1% do território inexistem dados de outorga dentro área do projeto.

Levando em conta os valores médios dos dados constantes dos processos de outorga da COGERH/CE (março de 2009), o regime médio de funcionamento estimado é de 9,98 horas/dia, como sugerido pela equação abaixo:

$$15,3 \frac{\text{hora}}{\text{dia}} \times 6,4 \frac{\text{dia}}{\text{semana}} \times \frac{9,3 \text{ meses}}{365 \text{ dias}} \times \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mês}} = 9,98 \text{ h / dia}$$

A média obtida para esse regime com base na análise dos dados informados no cadastro dos poços foi de 11,26 horas/dia. Portanto, o confronto desses valores permite adotar na estimativa das vazões de outorga um regime de 10 horas/dia para os mananciais explotados pelo setor privado. Para os mananciais explotados pelo setor público e destinados ao abastecimento humano de água, o regime médio considerado será de 20 horas/dia.

As outorgas de água subterrânea concedidas na área do projeto, até as datas indicadas na **tabela 6.14**, somam 650. As vazões per capita, são de 0,27 m³/hab.dia, em Jaguaruana; 2,69 m³/hab.dia, em Quixeré; 0,08 m³/hab.dia, em Limoeiro do Norte; 0,02 m³/hab.dia, em Tabuleiro do Norte; 0,70 m³/hab.dia, em Mossoró e 3,07 m³/hab.dia, em Baraúna.

Os volumes diários estimados, com base nos regimes médios operacionais adotados, são, respectivamente de:

- Para o setor público: 2% (950 m³/dia) em Quixeré e 6% (260 m³/dia) em Limoeiro do Norte; 23% (38102 m³/dia) em Mossoró e 13% (8986 m³/dia) em Baraúna.
- Para o setor privado: 100% (8334 m³/dia) em Jaguaruana; 98% (49198 m³/dia) em Quixeré; 94% (3772 m³/dia) em Limoeiro do Norte; 100% (504 m³/dia) em Tabuleiro do Norte; 77% (126490 m³/dia) em Mossoró e 87% (61934 m³/dia) em Baraúna.

Tabela 6.14 - Situação geral das outorgas concedidas para água subterrânea na área do projeto.

Município	Número outorgas	Vazão m ³ /dia	Habitantes 2008	m ³ /hab. dia	Público (m ³ /dia)		Privado (m ³ /dia)	
					Valor	%	Valor	%
Jaguaruana	20	8334	30965	0,27	0	0	8334	100
Quixeré	109	50148	18652	2,69	950	2	49198	98
Limoeiro do Norte	11	4032	53289	0,08	260	6	3772	94
Tabuleiro do Norte	3	504	29369	0,02	0	0	504	100
Mossoró	111	164592	234390	0,70	38102	23	126490	77
Baraúna	396	70920	23098	3,07	8986	13	61934	87
Total	650	298530	389763	0,76	48298	16	250232	84

Fontes: COGERH (março de 2009); SEMARH (agosto de 2009). Fonte: Volume III.

No que se refere à evolução dos níveis de água do aquífero Açú em Mossoró, no período de 15 anos compreendido entre 1991 e 2005, os dados históricos da CAERN dão conta de que os níveis estáticos para 17 poços em operação, apresentaram um rebaixamento médio de 55 m, já que passaram de 75 m para 130 m. De fato, em 1991, esses níveis situavam-se numa faixa de profundidades compreendida entre 60 m e 90 m, enquanto que em 2005 essa faixa passou para o intervalo de 110 m a 150 m.

Como se nota, tanto os dados de níveis estáticos quanto os de níveis dinâmicos do aquífero Açú em Mossoró configuram um rebaixamento médio de 55 m na superfície potenciométrica desse aquífero entre 1991 e 2005. Esse rebaixamento ocorreu em consequência dos bombeamentos praticados nos poços destinados ao abastecimento de água de Mossoró.

Estudo Comparativo

Observa-se que os procedimentos atuais de outorga em ambos os Estados baseiam-se em diretrizes semelhantes, cujo argumento principal diz respeito à capacidade de recarga do aquífero em questão.

Existem algumas diferenças nos critérios atuais de concessão de outorga:

- **Valores de vazões máximas para isenção das outorgas.** No CE a vazão de isenção é de 2 m³/h e no RN é de 1 m³/h, lembrando que no CE constam provisões claras de proteção dos direitos dos pequenos usuários enquanto que no RN esta noção não transparece de forma tão clara.
- **Duração das concessões.** Apesar de que a lei assim o permite, as outorgas no CE são estabelecidas de 1 a 4 anos, enquanto que para o RN o prazo é de 1 ano, de caráter renovável pela SEMARH. Ainda que estas durações proporcionem flexibilidade para a administração do recurso, a falta de rigidez e de capacidade institucional podem representar obstáculos a grandes empreendedores/investidores, para os quais um maior prazo é importante para amortizar investimentos realizados.
- **Reação frente às variações naturais na disponibilidade dos recursos.** Enquanto para o CE se deduz que estas variações naturais

configuram um risco a ser assumido pelo usuário, no RN, o Estado tem a incumbência de indenizá-lo na falta do recurso.

- **Sistema de cobrança instituído.** No CE existe um sistema de cobrança pelo uso da água bruta superficial e subterrânea desde os anos 2000 e se está contemplando a possibilidade de cobrar pelo recurso captado e distribuído pelo próprio usuário. Para o RN está em desenvolvimento projeto técnico com a finalidade de definir os critérios de cobrança no Estado.

No Rio Grande do Norte são estabelecidos critérios de interferência de poços e a manutenção de 2/3 das reservas do aquífero em exploração; no Ceará figura a questão da vazão nominal do poço.

Rio Grande do Norte

Em relação ao Estado do Rio Grande do Norte, o Decreto 13.283/1997 regulamenta o inciso III do art. 4º da Lei Estadual 6.908/1996 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecendo como critérios de outorga a capacidade de recarga do aquífero, definida em estudos hidrogeológicos, a interferência entre poços circunvizinhos e os usos múltiplos.

Portanto, o limite de retirada estabelecido no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, baseado nos conceitos de Reserva Explorável e de Potencialidade de um aquífero, vai ao encontro do disposto na legislação acima citada. Importante destacar que a exploração de uma parcela das reservas é “uma variável de decisão sujeita a risco e que “trata-se tão somente de um número ou valor de orientação, indicativo do recurso máximo passível de ser explorado se a sociedade considerar que a preservação de, por exemplo, 2/3 dessas reservas em 50 anos, não compromete as gerações futuras.

Este risco, todavia, não precisa ser assumido pela sociedade, já que existem as águas superficiais que devem ser manejadas conjuntamente com as águas subterrâneas para o atendimento das demandas futuras, via outorga dos recursos hídricos da região. Por esta razão também fazem parte do presente marco programas que visam incentivar o uso eficiente e racional dos recursos já outorgados.

Todo o processo de outorga ocorre dentro da SEMARH e a concessão de outorga depende da apreciação técnica do analista hidrogeólogo com relação à interferência entre poços. Os procedimentos técnicos são adequados, porém demasiadamente extensos, exigindo um mecanismo de maior agilidade, o que aponta inevitavelmente para a necessidade de reforços institucionais (humanos e estruturais). A fiscalização é quase inexistente.

O forte impulso que foi dado a regularização e fiscalização das outorgas devido aos fortes descensos freáticos e incremento das extrações nas imediações de Baraúna acabou por cessar tão logo os excessos pluviais recuperaram os níveis estáticos.

Ceará

O Estado do Ceará criou a denominada Licença de Construção, que é um Ato Administrativo do Secretário de Recursos Hídricos que concede ao

interessado, a autorização para construir obras e/ou serviços de interferência hídrica que possam influenciar o regime de um determinado curso de água ou de um aquífero. Foi instituída pelo art. 4º da Lei Estadual 11.996/1992 e regulamentada pelos Decretos nº 23.067/1994 que estabelece como critérios a serem adotados a vazão nominal de teste do poço e a capacidade de recarga do aquífero e nº 23.068/1994 que “regulamente o controle técnico das obras de oferta hídrica e dá outras providências”, no caso das águas subterrâneas, apresentando uma classificação de poços quanto à sua profundidade e quanto à sua vazão nominal de teste.

A maior parte das atividades no processo de outorga é de responsabilidade da COGERH, quem emite uma opinião técnica para análise da SRH e posterior emissão da outorga. A COGERH exerce as ações executivas de fiscalização de forma descentralizada através de suas gerências regionais, enquanto que a SRH exerce a função de polícia de forma proativa e educacional. Esta divisão de responsabilidades tem a vantagem de dar maior transparência ao processo. Entretanto, as muitas exigências burocráticas acabam por sobrecarregar a capacidade institucional, levando a demoras nos trâmites e diminuindo assim a agilidade desejável.

No caso das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Apodi, inseridos no território do Estado do Ceará, a COGERH realiza a gestão participativa desses recursos, através da Comissão Gestora de Água Subterrânea, juntamente com os Comitês de Bacias Hidrográficas do Baixo e Médio Jaguaribe, bacias hidrográficas onde o sistema aquífero está inserido.

6.5.3.3 – Cobrança pelo Uso da Água

No Brasil, a Constituição Federal de 1988, em vigor, incluiu as águas subterrâneas entre os bens estaduais e a Lei 9.433/97 instituiu a cobrança como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Embora tratada de forma genérica, a cobrança alcança as águas subterrâneas, na medida em que o Art. 20 da citada Lei estabelece em seu Art. 20 que “Serão cobrados os usos dos recursos hídricos sujeitos a outorga, nos termos do art. 12 desta Lei!”. Portanto, a cobrança pela exploração de águas subterrâneas no território brasileiro, por força de lei, depende da outorga do Poder Público. Isto significa dizer que o que independe de outorga (art. 5º da Resolução 16/2001 do CNRH) não está sujeito à cobrança.

Os arts. 19 e 22 da Lei das Águas definem, respectivamente, os objetivos da cobrança quais sejam os de reconhecer a água como bem econômico, incentivar a racionalização do seu uso e obter recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos que serão aplicados, prioritariamente, na bacia hidrográfica em que foram gerados. Aí está colocado mais um elo entre as águas subterrâneas e a bacia hidrográfica.

Atualmente, a cobrança pelo uso de recursos hídricos está formalmente implantada apenas no Estado do Ceará.

No Ceará, a cobrança está regulamentada pelo Decreto nº 27.272/03 para os seguintes usos: abastecimento público, indústria, piscicultura, carcinicultura, água mineral e água potável de mesa, irrigação, com valores determinados. Os volumes utilizados são aferidos por hidrômetro volumétrico; medições

frequentes de vazões, onde seja inapropriada a instalação de hidrômetros convencionais; mediante estimativas indiretas, considerando as dimensões das instalações dos usuários, os diâmetros das tubulações e/ou canais de adução de água bruta, horímetros, medidores proporcionais, carga manométrica da adução, as características de potência da bomba e energia consumida, tipo de uso e quantidade de produtos manufaturados, área, método e culturas irrigadas que utilizem água bruta.

Contudo, o trabalho recente “Cenário Atual dos Recursos Hídricos do Ceará” (Ceará, 2008) levado a efeito pela Assembleia Legislativa daquele Estado aponta algumas dificuldades, deficiências e a necessidade de uma maior discussão sobre os mecanismos de cobrança, valores cobrados e aplicação dos recursos junto aos usuários, Comitês de Bacia e a sociedade em geral. Um destes problemas reside no fato de que o Ceará age como se o seu território fosse uma única bacia, isto é, o valor cobrado pelo uso da água bruta é o mesmo para todo o Estado, variando, apenas, com o tipo de uso. Isto contraria um dos fundamentos da gestão de recursos hídricos que tem a bacia hidrográfica a área para aplicação de seus instrumentos. Dessa forma, o princípio exposto é desconsiderado, pois deveria ter valores diferenciados em função das características hidrometeorológicas, ambientais e socioeconômicas intrínsecas de cada bacia.

No Rio Grande do Norte a cobrança foi objeto de avaliação desenvolvida no âmbito do Programa PROAGUA Nacional (SEMARH, 2009). A priori, o instrumento de cobrança pelo uso dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Norte teria ensejo em quatro categorias fundamentais, que servem de elementos básicos para sua formulação e aplicação:

- A cobrança tem como base uma fração da capacidade de pagamento (CP) dos setores usuários, isso garante que a cobrança será comportada pela CP dos usuários. Não é oportuno para a política tarifária tomar como critério a cobrança plena da CP dos setores usuários, sob o risco de se incorrer que aquela supere em algum momento esta, podendo, assim, implicar em desestímulo à continuidade produtiva por partes dos agentes da economia;
- Utilizam-se subsídios cruzados inter e intrassetoriais, garantindo subvenção entre setores usuários e entre usuários de um mesmo setor. Esse critério é de fundamental importância por garantir a aplicação de isenção, subsídios, sobretarifas e a cobrança sobre a tarifa média setorial;
- A capacidade de pagamento dos setores usuários é centrada na Capacidade de Pagamento Total (CPT) e, especialmente, na Capacidade de Pagamento Unitária (CPU). Ao considerar a CPU como uma razão entre a CPT e o volume demandado pelos setores usuários pode-se incorrer em cobrança unitária pelo uso da água bruta. A cobrança fundada nesses parâmetros é absorvida como mais justa, logo, com maior aceitabilidade;
- Os custos do sistema de gestão dos recursos hídricos, para os quais são tomados como referência os custos de Operação, Administração e

Manutenção. Esse parâmetro garante que a implementação da cobrança não tenha um viés de arrecadação, de financiamento do Estado.

6.5.3.4 – Participação Pública na Gestão

A participação pública na gestão dos recursos hídricos é reconhecida por instituições e autores como primordial (OEA, 2009; Foster, 2010; Garduño *et al.*, 2009).

Rio Grande do Norte

Embora o Rio Grande do Norte tenha desenvolvido valiosas experiências em participação social, a exemplo do programa de dessalinizadores para abastecimento rural, das adutoras para água potável e do Comitê de Bacia Hidrográfica Interestadual do Piranhas-Açu, para a região da Chapada do Apodi ainda não possuía, antes do desenvolvimento do marco regulatório, uma estratégia clara de participação pública. Muito provavelmente pela pouca informação técnica disponível que dispunha até o momento. O estabelecimento do Comitê de Bacia do Rio Apodi, que envolveria a região estudada em território Potiguar, certamente oportunizará espaços para que esta participação de fato ocorra.

Ceará

A COGERH desenvolveu metodologias participativas para a gestão de recursos hídricos superficiais através dos Comitês de Bacias Hidrográficas (baixo e médio Jaguaribe) e comissões gestoras. O primeiro passo para envolver as águas subterrâneas nesta estratégia foi a de identificar os atores mais relevantes (com ênfase nos usuários) da região da Chapada do Apodi. Uma vez identificados, foram celebradas 12 reuniões em cada um dos municípios Cearenses no âmbito da referida região. Esta iniciativa acabou sendo suspensa, principalmente pela carência de dados técnicos mais sólidos sobre a situação dos aquíferos e as medidas de gestão e proteção factíveis de ser adotadas. Muito mais do que informar a comunidade e receber seus aportes sobre os problemas e suas formas de resolvê-los, a expectativa das reuniões era a de identificar representantes potenciais para as comissões gestoras de água subterrânea a serem estabelecidas dentro dos respectivos comitês.

De todo este processo ficou flagrante que os descensos de nível dos aquíferos (na maioria dos casos ocasionado pelo incremento do uso da água na fruticultura de exportação associado ao uso ineficiente da água) representam apenas uma faceta de um conjunto de problemas ambientais e sociais, densamente interrelacionados: (i) padrões inadequados de uso dos recursos naturais; (ii) impactos ambientais gerados por práticas agrícolas inadequadas como queimadas, agrotóxicos, (iii) crescimento econômico desigual e contrastes entre bolsões de robustez econômica, geração de riqueza e mão de obra com bolsões de pobreza no meio rural e (iv) falta de uma cultura de organização comunitária e escassa comunicação entre as comunidades.

6.6 – Implementação do Marco Regulatório

6.6.1 - Introdução

O acervo de informações coletadas e retrabalhadas de forma conjunta nos dois Estados sobre os aquíferos da Chapada do Apodi representa as bases a partir das quais se desenha o Marco Regulatório. A definição e os elementos essenciais do mesmo foram apresentadas logo no início deste documento. A seguir portanto, definir-se-ão quais as etapas a serem cumpridas e quais as ações por executar para torná-lo uma realidade no cotidiano da gestão das águas subterrâneas em ambos os Estados.

A implementação do Marco Regulatório depende das seguintes etapas:

- Diretrizes básicas para a gestão envolvendo outorga, fiscalização, participação pública e monitoramento;
- Sugestão de arranjo institucional para a gestão;
- Plano de ação para o aprimoramento da gestão envolvendo diversos programas específicos e atividades técnicas prioritárias.

6.6.2 - Diretrizes para Gestão

A partir do conhecimento adquirido de forma compartilhada dos aquíferos, suas dinâmicas, potencialidades e vulnerabilidades (no sentido literal), torna-se possível aprimorar os instrumentos e as ferramentas de gestão existentes, no caso outorga, cobrança, fiscalização, monitoramento e participação pública.

Conforme já foi discutido, estas diretrizes para a gestão, por definição, variam dependendo do aquífero considerado, ou seja, se estamos lidando com o aquífero Açu ou com o Jandaíra.

O aquífero Açu conta com diretrizes mais genéricas, compatíveis com o estado da arte do conhecimento técnico científico disponível e adquirido sobre o mesmo. Por outro lado, nota-se que para o aquífero Jandaíra, em função da qualidade e quantidade das informações disponíveis, as diretrizes são mais detalhadas.

6.6.2.1 - Outorga

A outorga constitui-se em um dos pilares do Marco Regulatório. Sua transcendência baseia-se no fato de constituir-se em um dos principais mecanismos de controle de manutenção das funções aquíferas, como também de obtenção de dados primários de extrema valia para avaliações futuras.

Em ambos os Estados, o arcabouço legal prevê a concessão de outorga por parte do órgão gestor como instrumento de gestão. No entanto, tanto no Rio Grande do Norte como no Ceará, verifica-se uma carência de critérios técnicos pragmáticos para exercê-la, tornando-a muito restrita a visão do poço, em detrimento a uma visão de zona aquífera de caráter mais integrada.

Neste sentido, com base no zoneamento torna-se possível identificar e sugerir para cada célula quais as ferramentas de gestão mais apropriadas tanto para o cenário de uso atual de exploração como para os usos futuros. A **tabela 6.15**

apresenta esta integração e a **tabela 6.16** identifica as diretrizes de gestão para cada célula do aquífero Jandaíra.

Diretrizes de Outorga

F(I) - Efeitos de fluxo interestadual – Avalia o grau de pertinência da questão transfronteiriça. Quanto mais próxima da linha de fronteira, maior a probabilidade de ocorrência de fluxos interestaduais. Automaticamente, trata-se de uma célula na qual os esforços de gestão são prioritários.

$\Sigma(Q)$ - Somatório de vazões – Critério dado pelos limites máximos de vazões outorgáveis para cada célula, em função do balanço hídrico e das reservas reguladoras, conforme estipulados na **tabela 6.16**.

Q(U) - Vazões unitárias máximas – Critério que fixa as vazões máximas outorgáveis para cada poço individual nas diferentes células. Basicamente, trata-se de um critério de caráter preliminar, cuja aplicação deverá ser calibrada no processo de implementação do referido marco regulatório. Dito critério possui relação direta com os balanços ZEA e nas simulações de RMP. Variam desde $< 150 \text{ m}^3/\text{dia}$, $< 250 \text{ m}^3/\text{dia}$ e $< 500 \text{ m}^3/\text{dia}$. Quanto menores as magnitudes do somatório de vazões outorgáveis, tanto menores deverão ser as vazões unitárias permitidas, caso contrário corre-se o risco de alcançar os limites máximos através de um número reduzido de poços. Isto vale para células com volumes outorgáveis $< 10.000 \text{ m}^3/\text{dia}$, nas quais se admite que o número de poços novos (considerando a hipótese de que operem no limite máximo permitido) não pode ser inferior a 15. A célula 32 é uma exceção dada sua pequena área dentro do polígono. Trata-se de um mecanismo que força a equidade na distribuição da água e o uso eficiente da mesma, salvaguardando vazões para abastecimento público e demandas produtivas de pequenos produtores sem prejudicar vazões maiores pontuais que porventura sejam requeridas pela agricultura irrigada e carcinicultura. Vazões de $150 \text{ m}^3/\text{dia}$ representam um poço operando: (i) $15 \text{ m}^3/\text{h}$ durante 10 horas/dia; (ii) $19 \text{ m}^3/\text{h}$ durante 8 horas/dia ou mesmo; (iii) $25 \text{ m}^3/\text{h}$ durante 6 horas/dia. À medida que se constata um maior conforto hídrico, as vazões unitárias podem aumentar de acordo com as faixas propostas, ou seja, de até $250 \text{ m}^3/\text{dia}$ e $500 \text{ m}^3/\text{dia}$. Vazões maiores que os limites máximos somente deverão ser aceitas em casos especiais. Ainda assim, o critério do somatório das vazões deve estar sempre satisfeito, por definição. Além disto, os argumentos descritivos de uso da água extraída devem estar devidamente explícitos e descritos de forma coerente no memorial técnico da solicitação de outorga. Usos para abastecimento público são prioritários e merecem atenção especial.

Os seguintes critérios são sugeridos:

- $\Sigma(Q) < 20.000 - Q(U) = < 150 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- $\Sigma(Q) > 20.000 - \text{RMP crítico} - Q(U) = < 150 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- $\Sigma(Q) > 20.000 - \text{RMP médio} - Q(U) = < 250 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- $\Sigma(Q) > 50.000 - \text{RMP crítico} - Q(U) = < 250 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- $\Sigma(Q) > 50.000 - \text{RMP médio} - Q(U) = < 500 \text{ m}^3/\text{dia}$;

D(M) – Densidade máxima de poços - Diz respeito ao número médio de poços outorgados por km^2 nas células do zoneamento. A priori, deverá ser

aplicado o índice médio constatado na área do projeto em 2009, que é 0,4 poços por km² (**tabela 6.16**). De toda maneira esse número deve ser encarado como um critério empírico a ser utilizado nas células que ainda possuem reservas outorgáveis. O mesmo deverá ser corrigido na medida em que se incrementa o inventário e a regularização de poços existentes. Como prioridade, o referido critério deveria ser aplicado nas células com fluxos interestaduais. Este critério está relacionado diretamente com as distâncias mínimas entre poços, as quais, considerando as limitações de escala e as heterogeneidades e características do aquífero em questão, não poderiam ser fixadas. A determinação de distâncias mínimas deve ser realizada célula a célula quando o marco regulatório e o monitoramento estejam em vigor e de acordo com as descargas a serem outorgadas em setores específicos da área do projeto.

P(R) - Medidas de proteção às zonas de recarga – Seleção de células nas quais a implementação do marco regulatório implica em integrar políticas de gestão hídrica com políticas de uso e ocupação do solo. Por definição são células nas quais a análise dos processos de outorga deve estar atenta a zonas discretas de recarga, ou seja, aos denominados piscinões. Para estes casos, vale a vazão máxima outorgável unitária, sempre que satisfeitos os demais critérios. Além disto, em torno das áreas de recarga deverá existir um perímetro de proteção, no qual deverão ser aplicadas restrições de uso e ocupação do solo. Critério que vale para toda a área com prioridade para as células marcadas na tabela.

P(Q) - Medidas de proteção da qualidade das águas subterrâneas – Seleção das células prioritárias do ponto de vista da manutenção da integridade dos aquíferos e qualidade da água por conta da vulnerabilidade e risco. Por definição, células com alto risco são consideradas prioritárias e induzem a uma maior integração com os órgãos gestores ambientais. Especial atenção deve ser dada a zonas com intenso uso de agroquímicos. Critério válido para todas as células com prioridade para aquelas marcadas na tabela.

Adicionalmente, como premissas de concessão de outorga, os seguintes critérios devem ser observados:

- Ênfase inicial nos bolsões de grandes usuários e áreas de potencial conflito;
- Grandes usuários devem ser atraídos para dentro do sistema;
- Todos os poços deverão ter controladores de vazão;
- Estabelecer prazos de validade para com revisões sistemáticas de acordo com novos balanços hídricos;
- Tornar as outorgas de uso de água subterrânea sujeitas a revisões periódicas (4 anos), diante dos dados de monitoramento e sua análise.

Da análise da **tabela 6.16**, observa-se que as células em vermelho (15, 19 e 33) correspondem a regiões nas quais as extrações superam as recargas. Por esta razão, as mesmas foram consideradas células com total restrição a novas outorgas. É fundamental que seja realizada nestas células uma campanha muito intensa de regularização de poços existentes e otimização dos usos atuais da água subterrânea. De fato, dos 7,8 m³/s de descarga em uso na área do projeto em 2009, 56% ou (4,4/7,8) provém de poços não regularizados,

ficando as outorgas, na época, restritas a apenas 44% da descarga. Uma vez revertido o quadro, se vislumbra a possibilidade de conceder novas outorgas.

Tabela 6.15 - Diretrizes básicas para a Gestão do Aquífero Jandaíra.

Célula	ZEA	Classes	Potabilidade STD	Aptidão para Irrigação	Dinâmica	Vulnerabilidade	Risco	RMP
1	Equilíbrio	3	Sb	C3S1	R	Extrema	MB	Médio
2	Equilíbrio	3	Sb	C3S1	R	Média	MB	Crítico
3	Conforto	3	Sb	C3S1	R	Extrema	MB	Médio
4	Equilíbrio	3/4	Sb	C3S1	R	Extrema	A	Crítico
5	Equilíbrio	3	Sb	C3S1	R	Extrema	MB	Crítico
6	Conforto Máximo	3	Sb/sa	C3S1	R	Extrema	B/MB	Médio
7	Conforto	3/4	Sb	C3S1	R	Extrema	MB	Crítico
8	Equilíbrio	3/4	Sb	C3S1	R/T	Extrema	MB	Muito Crítico
9	Ocorrência Desprezível							
10	Conforto Máximo	1/2	Sb	C3S1	R/T	Extrema	M/B	Médio
11	Conforto	2/3	Sb	C3S1	R/T	Extrema	B/MB	Médio
12	Conforto	3	Sb	C3S1	R/T	Extrema	MB	Crítico
13	Equilíbrio	3	Sb	C1S2	R/T	Extrema	MB	Muito Crítico
14	Conforto	3	Sb/sa	C4S1/C1S2/C2S2	T	Extrema	M	Médio
15	Déficit	3	Sb	C3S1	T	Extrema	M	Médio
16	Conforto	3/4	Sb/sa	C3S1/C4S1/C1S2/C2S2	T/D	Extrema	M/MB	Crítico
17	Conforto	4	sa/sb	C2S2	D	Alta	MB	Muito Crítico
18	Equilíbrio	4	sa/sb	C2S2/C1S2/C4S1	T	Extrema	MB/A	Médio
19	Déficit Grande	3/4	Sb	C3S1/C4S1	T	Extrema	A	Médio
20	Conforto	3	Sb	C4S1	T/D	Extrema	M/MB	Médio
21	Conforto	3/4	Sb/sa	C4S1/C3S1	D	Extrema	MB	Muito Crítico
22	Equilíbrio	4	Sb/sa	C4S1/C1S2/C2S2	D	Alta	A/MA	Médio
23	Equilíbrio	4	Sb/sa	C4S1/C1S2/C2S2	R/T	Alta	A/M	Médio
24	Conforto	3	Sb	C4S1/C1S2/C2S2	T/D	Extrema	MB	Crítico
25	Equilíbrio	3	Sb	C4S1	D	Extrema	MB	Muito Crítico
26	Equilíbrio	4	Sb/sa	C4S1/C1S2	D	Extrema	MA	Médio
27	Equilíbrio	4	Sb/sa	C1S2/C4S1/C2S2	D	Alta	A	Médio
28	Equilíbrio	3	Sb	C1S2/C4S1/C2S2	D	Média	MB	Crítico
29	Equilíbrio	4	sa	mistura	D	Alta	MA	Médio
30	Déficit Grande	4	Sb/sa	mistura	D	Média	MA/A	Crítico
31	Déficit	4	Sb/sa	mistura	D	Media	M/MB	Muito Crítico
32	Déficit Grande	4	sa	C3S4/C2S4/C1/S4	D	Média	MA	Médio
33	Déficit Grande	4	Sb/sa	C3S4/C2S4/C1/S4	D	Alta	MA	Médio

Legenda:

Célula: Verde – Células exclusivamente com fluxo no Ceará; Azul – Células exclusivamente com fluxo no Rio Grande do Norte; Sem cor – Células com fluxos interestaduais.

Potabilidade STD: Sb - Salobre; Sa – Salgada;

Dinâmica: R – Recarga, D – Descarga; T/D – Trânsito/Descarga; R/T – Recarga/Trânsito;

Risco: MB – Muito Baixo; B – Baixo; M – Médio; A – Alto; MA – Muito Alto.

Tabela 6.16 – Diretrizes de Outorga.

Célula	Poços Cadastrados	Poços/km ²	Vazões Outorgáveis (m ³ /dia)	Vazões Outorgadas (m ³ /dia)	Total (m ³ /dia)	Diretrizes de Outorga	Monitoramento
1	0	0	19.520	0	19.520	$\Sigma(Q) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M) - P(R)$	
2	0	0	2.628	0	2.628	$\Sigma(Q) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - P(R)$	
3	4	0,05	78.887	1.365	80.252	$\Sigma(Q) - <500 \text{ m}^3/\text{dia} - P(R)$	
4	54	0,7	6.245	18.174	24.419	$\Sigma(Q) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - P(R) - P(Q)$	2 PM
5	0	0	2.221	0	2.221	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia} - P(R)$	
6	0	0	83.596	0	83.596	$\Sigma(Q) - <500 \text{ m}^3/\text{dia} - P(R)$	
7	29	0,34	58.450	9.893	68.343	$\Sigma(Q) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - P(R)$	1 PM
8	30	0,42	17.482	10.234	27.716	$\Sigma(Q) - <250 \text{ m}^3/\text{dia}$	1 PM
9	Ocorrência desprezível						
10	4	0,05	82.070	1.241	83.311	$\Sigma(Q) - F(I) - <500 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	2 PM
11	21	0,25	64.662	7.133	71.795	$\Sigma(Q) - F(I) - <500 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	2 PM
12	13	0,15	54.834	4.435	59.269	$\Sigma(Q) - F(I) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	1 PM
13	0	0	8.102	0	8.102	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia}$	
14	32	0,37	58.524	4.373	62.897	$\Sigma(Q) - F(I) - <500 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	1 PM
15	130	1,52	0	17.764	17.764	Restrição completa - F(I) - D(M)	4 PM
16	62	0,73	46.334	14.686	61.020	$\Sigma(Q) - F(I) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	2 PM
17	0	0	50.608	0	50.608	$\Sigma(Q) - F(I) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	1 PM
18	39	0,46	4.516	5.329	9.845	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia}$	1 PM
19	133	1,56	0	18.174	18.174	Restrição Completa - $\Sigma(Q) - P(Q)$	4 PM
20	66	0,77	35.675	9.019	44.694	$\Sigma(Q) - F(I) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	2 PM
21	32	0,59	30.163	4.373	34.536	$\Sigma(Q) - F(I) - <250 \text{ m}^3/\text{dia} - D(M)$	1 PM
22	17	0,2	11.906	12.547	24.453	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia} - P(Q)$	1 PM
23	50	0,58	12.692	12.847	25.539	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia}$	2 PM
24	7	0,08	69.257	957	70.214	$\Sigma(Q) - <250 \text{ m}^3/\text{dia}$	2 PM
25	6	0,33	10.018	820	10.838	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia}$	
26	3	0,04	16.813	2.214	19.027	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia} - P(Q)$	1 PM
27	47	0,55	8.889	34.690	43.579	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia}$	2 PM
28	34	0,48	28.470	25.095	53.565	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia}$	1 PM
29	7	0,1	12.915	5.167	18.082	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia} - P(Q)$	1 PM
30	40	0,47	7.902	29.523	37.425	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia} - P(Q)$	2 PM
31	8	0,22	5.557	5.905	11.462	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia}$	1 PM
32	0	0	935	0	935	$\Sigma(Q) - <150 \text{ m}^3/\text{dia} - P(Q)$	
33	57	0,85	0	42.071	42.071	Restrição Completa - $\Sigma(Q) - P(Q)$	2 PM
TOTAL	925		889.871	298.026	1.187.897		
m³/s			10,3	3,4	13,7		
Média	29	0,4	27.808	9.313	37.122		

Legenda: PM – Poços de Monitoramento (Programa de Monitoramento);

Células em Vermelho – Restrição completa a novos poços.

6.6.2.2 - Monitoramento Quali-Quantitativo

O programa de monitoramento de poços é fundamental para a implementação e melhoramento sistemático do Marco Regulatório. É através da análise dos dados de quantidade e qualidade que serão auferidos a efetividade da outorga e sua consistência técnica. O desenho e a formatação final da rede serão realizados em função do zoneamento proposto, portanto trata-se de tema ainda em desenvolvimento. De todas as formas, existem algumas premissas já consensuadas:

- Desenho estratégico da rede de monitoramento contemplando as zonas distintas assim como os estados de forma equilibrada;
- Definição dos protocolos de medição de acordo com o tipo de aquífero, circulação de água subterrânea e padrões de uso e ocupação do solo;
- Definição dos responsáveis pelas respectivas medições – (repassar responsabilidades de monitoramento aos grandes usuários portadores de outorgas em vigência e aos futuros grandes usuários);
- Processo de incorporação dos resultados junto aos bancos de dados existentes mediante análise de consistência e interpretação;
- Desenvolvimento de relatórios analíticos e conclusivos sobre os diagnósticos dos recursos hídricos subterrâneos na região de abrangência do marco de gestão.

Seja como for, há a necessidade de implementar um programa de monitoramento automático de níveis e descargas de poços priorizando as zonas já diagnosticadas como críticas no atual estágio de conhecimento.

Neste sentido é proposta em termos gerais sobre a área, uma rede de 40 sensores (**tabela 6.17**) distribuídos conforme mostrado no mapa da **figura 6.18**, com absoluta prioridade para a instalação de 10 (dez) sensores, sendo 4 (quatro) na célula 15; 4 (quatro) na célula 19 e 2 (dois) na célula 33. Para bem avaliar os efeitos da exploração do aquífero ao longo da fronteira CE/RN são previstas 5 (cinco) seções transversais, com 2 (dois) poços em cada uma e ficando cada poço distante 1,5 km de cada lado da fronteira (**figura 6.18**).

Em consonância com a Resolução CNRH 107/2010 é sugerida a instalação de sensores tipo LTC (nível, temperatura e condutividade elétrica) em poços de 60 m de profundidade, perfurados em 6" para essa finalidade (dedicados). São previstos em cada poço 6 m de tubo de PVC geomecânico de 6", apenas para proteção da parte superior, ficando o restante do poço sem revestimento. No aquífero Jandaíra esse é o padrão recomendado para os poços. Por questões de segurança contra vandalismo recomenda-se que o tubo de boca do poço não apareça na superfície, mas fique situado no interior de uma caixa (por exemplo, de 0,5 m x 0,5 m x 0,4m) recoberta por uma tampa de concreto.

Para as campanhas semestrais de amostragem de água previstas na CNRH 107/2010, existem duas alternativas:

- Selecionar na rede qualitativa de 100 poços estudados, uma rede de 40 poços (equipados) situados o mais próximo possível dos locais previstos para a perfuração dos poços dedicados ao monitoramento automático. Ou seja, a locação dos dedicados

(mais flexível) já seria feita o mais próximo possível de poços existentes devidamente equipados e em condições de serem usados para a amostragem de água;

- a segunda alternativa (recomendada) seria efetuar as amostragens semestrais de água diretamente na rede de 40 poços dedicados, equipados com colunas de 60 m de tubos de PVC geomecânico de 50 mm de diâmetro, com 6 m de filtros, para introdução de uma **bomba de válvula dupla**, especialmente projetada para coletas de água.

Tabela 6.17 – Coordenadas UTM dos pontos onde deverão ser executados poços para instalação de sensores para monitoramento automático de nível, temperatura e condutividade elétrica da água do aquífero Jandaíra na Chapada do Apodi. Datum: SAD69 e Meridiano Central 39° W. (Fonte: Volume III).

id	x	y	id	x	y
S01	615250	9431875	S21	655750	9427125
S02	634380	9428040	S22	655750	9431875
S03	619750	9436625	S23	655750	9436625
S04	628750	9436625	S24	655750	9446125
S05	628750	9446125	S25	660250	9431875
S06	637270	9427225	S26	660250	9441375
S07	638070	9435480	S27	651145	9450880
S08	637750	9446125	S28	664750	9427125
S09	640575	9433800	S29	664750	9436625
S10	642550	9438400	S30	664750	9446125
S11	640950	9440950	S31	669250	9431875
S12	646750	9427125	S32	673750	9422375
S13	646750	9431875	S33	673750	9436625
S14	646750	9436625	S34	673750	9446125
S15	646425	9445425	S35	678250	9427125
S16	651250	9422375	S36	678250	9431875
S17	651250	9431875	S37	678250	9441375
S18	651250	9436625	S38	682750	9436625
S19	649355	9444755	S39	687250	9431875
S20	648275	9451800	S40	691750	9436625

Preferencialmente, os poços devem ser perfurados em locais passíveis de vigilância por moradores (por exemplo, quintais de residências da zona rural). Os transdutores de pressão dotados de interface USB devem ser programados para uma leitura diária (por exemplo, às 7:00 horas da manhã). Com uma leitura diária os sensores terão maior longa vida de serviço e os dados serão mais do que suficientes para a finalidade pretendida, que é a evolução temporal do nível de água em uma zona de exploração. Portanto, não há necessidade de leituras horárias. A frequência proposta de coleta dos dados é trimestral, ou seja, de 4 (quatro) vezes por ano, para permitir uma análise sistemática dos dados pelo órgão gestor ao longo do ano e apresentação dos mesmos no relatório anual.

O monitoramento de descargas dos poços deve ser incentivado e compartilhado especialmente com os principais usuários, a exemplo do que já vem sendo feito no Ceará pela COGERH.

Os parâmetros químicos e microbiológicos a serem medidos devem ser de simples e acessível análise com a utilização de indicadores de baixo custo. A periodicidade da medição resulta de um equilíbrio entre a geração de informação de qualidade e a economia. O monitoramento deve ser capaz de determinar variações normais ou naturais no aquífero e apoiar a detecção de alguma anomalia, que por ventura exista ou venha a se processar. As medições não devem ser tão frequentes a ponto de oferecer dados redundantes. Seu desenho deve permitir a detecção de grandes mudanças futuras de acordo com as formas de uso e ocupação do solo e água. De maneira sintética, são sugeridas as seguintes frequências:

- Microbiologia – periodicidade trimestral;
- Parâmetros físico-químicos (medidos a campo) – periodicidade trimestral;
- Íons maiores (determinação em laboratório) – periodicidade semestral;
- Metais, elementos orgânicos e pesticidas – periodicidade anual.

Com utilização dos dados coletados, são recomendadas avaliações anuais através de modelagens analíticas e numéricas das zonas de exploração monitoradas, incluindo análise dos registros coletados, calibração de modelos de fluxo, e implementação de modelos de otimização de vazões, em escala de ZEA, compondo um Relatório Anual de Controle da Exploração, circunstanciado.

6.6.3 - Arranjo Institucional para a Gestão dos Recursos Hídricos na Área do Projeto

Por sugestão da ANA e dos órgãos gestores do Ceará e do Rio Grande do Norte, propõe-se a criação de uma Comissão formada por técnicos de órgãos envolvidos na gestão dos recursos hídricos dos dois Estados para acompanhar a gestão dos recursos hídricos na área do Projeto. A minuta formal para o Marco Regulatório é apresentada no **item 6.6.3.1**.

Neste sentido, no Estado do Ceará, por delegação do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SIGERH, os comitês de bacias hidrográficas foram autorizados a criarem as Comissões Gestoras de Sistemas Hídricos que administram os sistemas hídricos que operam isolados (Resolução 02/2007, da COGERH-CE), “sendo incluídos nesta categoria os sistemas aquíferos”. Estas Comissões Gestoras são formadas por usuários, por representantes da sociedade civil organizada e do poder público. Uma dessas comissões está em fase de constituição na região da Chapada do Apodi.

Para apoiar estas instituições de gestão na área do Projeto, recomenda-se a constituição de uma Comissão de Acompanhamento da Gestão Compartilhada (CAGC) do Sistema Aquífero Apodi, para atuar na área do Projeto (estendendo seus limites de forma gradual coincidindo com aqueles definidos pela CTAF), entre os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte. Essa comissão não substitui a função do órgão gestor. Ressalta-se, portanto, que a CAGC é um

órgão colegiado de natureza consultiva, integrante e subordinada aos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte.

A criação de uma Comissão de Gestão Compartilhada dos recursos hídricos subterrâneos dos aquíferos da região do Apodi é justificada pelas seguintes razões:

- A área de ocorrência dos aquíferos, principalmente no setor com maior uso e potencial, na região da sub-bacia denominada Mata Fresca, apresenta fluxos interestaduais;
- Estes recursos hídricos subterrâneos apresentam recargas consideráveis, porém limitadas. Tanto as recargas como as próprias condições de armazenamento possuem distribuição irregular na região do projeto;
- A gestão destes recursos subterrâneos, em função de sua complexidade e caráter interestadual, demanda uma articulação permanente e compartilhada por parte de ambos os Estados;
- Esta região, embora não pertença fisicamente às respectivas bacias hidrográficas do Baixo e Médio Jaguaribe no Ceará e Bacia do Apodi no Rio Grande do Norte, faz parte das mesmas do ponto de vista político e da gestão de seus recursos hídricos;
- Ambas as bacias hidrográficas são integrantes dos Planos Estaduais dos Recursos Hídricos do Ceará e do Rio Grande do Norte e possuem seus próprios planos de bacias;
- A efetividade dos instrumentos de gestão dos recursos subterrâneos (outorga, cobrança e monitoramento) terá implicações na oferta dos recursos hídricos, inclusive os superficiais, e nas demandas socioeconômicas da região. Estes reflexos se farão sentir nos indicadores das supracitadas bacias hidrográficas e, em consequência no âmbito estadual como um todo;
- O aprendizado resultante da caminhada da própria CTAF representa excelente referência para a CAGC.

O principal objetivo a ser trilhado pela CAGC APODI é fomentar, através da implementação do programa em torno do Marco Regulatório, a gestão harmônica dos recursos hídricos, subterrâneos e superficiais das bacias hidrográficas representadas na área do Projeto. Como objetivos específicos figuram:

- Apoiar a gestão integrada e sustentada dos recursos hídricos, particularmente os subterrâneos, nas unidades e sub-unidades de gestão, através do uso dos instrumentos de gestão, conforme preconizados pela Constituição Federal, pela Lei 9.433/1997 e pelas Resoluções do CNRH e CONAMA sobre o tema, ampliando a sua aplicação no que couber; Acompanhar a execução do Plano de Gestão Compartilhada e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
- Assegurar o intercâmbio entre os órgãos gestores estaduais representados na Comissão;

- Promover a articulação federal, interestadual e intermunicipal, integrando as iniciativas regionais de estudos, projetos, planos e programas às diretrizes e metas estabelecidas para as citadas bacias hidrográficas, com vistas à conservação e à proteção de seus recursos hídricos;
- Representar, de forma consultiva, uma instância de mediação e resolução de conflitos de uso dos recursos hídricos, particularmente, os subterrâneos, usando as informações contidas e elaboradas durante a construção do Marco Regulatório;
- Recomendar os quantitativos propostos no substrato técnico do Marco como elementos orientativos dos limites de retirada de água subterrânea nas escalas de sistema, subsistema e unidade aquífera e de bacia e de fração de bacia hidrográfica, utilizando para isto os indicadores espaciais e pontuais de gestão (mapas de fluxo, hidrogeológico, cadastro de pontos d'água, mapas temáticos quantitativos e qualitativos, tabelas, indicadores de sustentabilidade, etc.);
- Apoiar, influenciar e participar na elaboração de um planejamento regional visando o desenvolvimento sustentável.

A CAGC será composta por membros dos órgãos de gestão estaduais, particularmente os ligados à gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Jaguaribe e Apodi. Do ponto de vista de estrutura e organização, a CAGC deverá ser desprovida de sede e hierarquias. Sua funcionalidade consiste em contar com uma programação anual de encontros e o cumprimento de metas pré-estabelecidas de acordo com o próprio plano de implementação do marco regulatório.

6.6.3.1 - Texto Oficial do Marco Regulatório

A seguir é apresentada Proposta de Modelo da Resolução do Marco Regulatório que orientará a atuação da Comissão de Acompanhamento da Gestão Compartilhada e o desenvolvimento das águas subterrâneas dos aquíferos Jandaíra e Açú da Área da Chapada do Apodi, entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

Proposta de Resolução

RESOLUÇÃO N° , DE DE DE 2010

Dispõe sobre o Marco Regulatório para a gestão compartilhada dos aquíferos Jandaíra e Açú da Área da Chapada do Apodi entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

Considerando que a necessidade de uma gestão compartilhada decorre da influência que a retirada de água subterrânea de um Estado pode exercer no outro;

Considerando os termos do Acordo de Cooperação Técnica celebrado em 22 de Fevereiro de 2006 entre os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte e o aditivo celebrado entre ambos os Estados e a Agência Nacional de Águas (ANA) para a gestão compartilhada dos aquíferos Jandaíra e Açú;

Considerando que os volumes disponíveis das águas presentes nos mesmos podem restringir o abastecimento público e demais usos, em especial aqueles referentes à irrigação, nos Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte;

Considerando que os recursos renováveis (potencial ou potencialidade) de ambos os aquíferos para múltiplos usos, com as prioridades estabelecidas pela legislação federal e estaduais vigentes, constantes de planos estaduais de recursos hídricos e de planos de bacias hidrográficas existentes, devem ser sustentáveis através da gestão integrada, resolve:

Art. 1º Sugerir aos órgãos gestores estaduais, parâmetros e condições para emissão das licenças para obras hidráulicas e outorgas de direito de uso de recursos hídricos subterrâneo, atos administrativos doravante denominados simplesmente outorga;

Parágrafo único: Para efeito deste Marco Regulatório, a área de interesse para a gestão compartilhada é formada pelo polígono cujos vértices possuem as coordenadas (UTM SAD69) indicadas na **tabela 6.18**.

Tabela 6.18 - Coordenadas dos Vértices do Polígono que delimita a área de interesse para aplicação do Marco Regulatório.

I - NO ESTADO DO CEARÁ			II - NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE		
Vértice	Longitude m/E	Latitude m/N	Vértice	Longitude m/E	Latitude m/N
V1	650787	9455423	V1	650787	9455423
V2	645453	9447021	V2	645453	9447021
V3	682809	9419999	V3	632809	9419999
V4	593537	9419991	V4	685046	9420000
V5	635550	9462226	V5	695389	9437478

Art. 2º A vazão máxima disponível para outorga para captação pelo conjunto dos usuários de água, considerada para os aquíferos Jandaíra e Açu, é a vazão correspondente à *reserva reguladora* acrescida de parte das reservas permanentes em períodos de longa estiagem. O Aquífero Açu não apresenta reservas reguladoras.

Art. 3º São os seguintes os valores resultantes da quantificação das reservas de água subterrânea para efeito do marco regulatório, nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, conforme as **tabelas 6.8, 6.9 e 6.10**: As vazões em exploração (2009) na área do projeto (**tabela 6.8**) por 925 poços em operação distribuídos por 32 células (**tabela 6.16**), atingem o montante de (**8,17 m³/s**) (**7,75 m³/s** no aquífero Jandaíra e **0,42 m³/s** no aquífero Açu). Desses totais, se encontram em exploração no aquífero Jandaíra, **1,81 m³/s** na parte cearense e **5,94 m³/s** na norte-riograndense, enquanto que no aquífero Açu, das reservas exploráveis de **0,86 m³/s** se acham em exploração na área do projeto, **0,42 m³/s**, sendo de **0,44 m³/s** as reservas restantes.

Art. 4º As vazões ainda disponíveis para outorga, também designadas de reservas restantes, dadas pela diferença entre os recursos exploráveis e as disponibilidades efetivas, são, portanto, **11,02 m³/s no aquífero Jandaíra com 50% de risco e 0,44 m³/s no aquífero Açu**);

Parágrafo único: no caso das disponibilidades restantes serem insuficientes para o atendimento de pedidos de outorga, principalmente de demandas do período de estiagem, dependendo da situação dos níveis de água (**conforme estabelecido na tabela 6.16, a qual foi gerada pela metodologia ZEA**) uma parcela das reservas permanentes pode ser incorporada à recarga, aumentando, assim, a reserva explorável.

Art. 5º Os órgãos gestores de recursos hídricos nos respectivos Estados internalização as diretrizes apresentadas nas **tabelas 6.15 e 6.16**, estabelecidas no Plano de Gestão Compartilhada dos Aquíferos Jandaíra e Açú da Área da Chapada do Apodi entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

Art. 6º Fica instituída a Comissão de Acompanhamento da Gestão Compartilhada do Sistema Aquífero Apodi (CAGC Apodi), composta por membros designados pelos respectivos Estados, com a função de elaborar a programação de encontros periódicos para avaliar o cumprimento de metas pré-estabelecidas e a implementação do marco regulatório;

Parágrafo único: a CAGC Apodi é um órgão colegiado de natureza consultiva, desprovido de sede e hierarquia, integrante e subordinada aos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte.

Art. 7º A cobrança pelos direitos de uso da água bruta deve se fazer de acordo com os objetivos da Lei Federal nº 9.433/1997, arts. 19, 20 e 22;

Parágrafo único: Uma discussão sobre os mecanismos de cobrança, valores cobrados e aplicação dos recursos deve ser encetada pela CAGC-APODI, junto aos usuários, Comitês de Bacia e a sociedade em geral para a definição de valores diferenciados em função das características hidrometeorológicas, ambientais e socioeconômicas intrínsecas de cada bacia e do princípio de cobrança a ser implantado, buscando-se sempre a convergência com o modelo atualmente vigente no Ceará.

Art. 8º O acompanhamento administrativo dos instrumentos de gestão deve ser realizado lançando mão da documentação cartográfica existente, de tabelas, histogramas, etc., com ênfase aos mapas hidrogeológicos, de modelos de fluxo, de vulnerabilidade intrínseca. O ponto de partida é assumir os zoneamentos propostos e desenvolver a capacidade de avaliar os resultados dos monitoramentos e retificar as diretrizes sempre que necessário.

Art. 9º O monitoramento da quantidade e da qualidade da água dos aquíferos Jandaíra e Açú na área de interesse será realizado pelos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos em campanhas trimestrais para a qualidade e por rede automatizada na parte referente à evolução dos níveis d'água em pontos a serem definidos no presente Plano de Gestão Compartilhada;

Parágrafo único: os parâmetros de qualidade que serão objeto do monitoramento referido no caput também serão definidos no referido Plano.

Art. 10º Os parâmetros e condições definidos nesta Resolução terão validade de dez anos e serão objeto de validação, a cada dois anos, por parte das autoridades participantes da CAGC APODI que as submeterão às autoridades

e instituições superiores para conhecimento, análises e, se for o caso, modificação e posterior aprovação;

Parágrafo único: Poderão ser ouvidas autoridades constituídas de órgãos federais, principalmente em casos de conflitos de uso, conforme determina o art. 35 da Lei nº 9.433/1997 e o art. 28 da Resolução nº 16/2001 do CNRH.

Art. 11º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Assinaturas

(A ser definido pelo jurídico dos Estados)

6.6.3.2 - Revisão e Atualização

A revisão e atualização do Marco Regulatório, principalmente de suas definições quantitativas, como as reservas, por exemplo, assim como a própria tabela de referência 16, deverá acontecer ao final dos primeiros dois anos. Esta revisão, entretanto, somente tem sentido caso se possua registro suficiente dos poços de monitoramento ou banco de dados consistido de poços de exploração em funcionamento, em analogia à metodologia utilizada no estudo em questão. Considerando as anisotropias e heterogeneidades dos aquíferos em questão, esta revisão torna-se fundamental. Passada a primeira revisão, as atualizações deverão ser realizadas de 5 em 5 anos.

6.6.4 – Plano de Ação

Trata-se do plano de implementação do marco regulatório, o qual estabelece de forma direta e pragmática uma ordem de prioridade nas ações em ambos os Estados.

Ação 1: Apropriação das Informações Técnicas

Atividade 1.1: Apropriação por parte dos órgão gestores de todo o material técnico gerado no âmbito da iniciativa em questão;

Atividade 1.2: Incorporação dos bancos de dados e das informações do Sistema de Informações Geográficas (SIG) do Projeto;

Atividade 1.3: Capacitação Específica em técnicas de geoprocessamento para incorporar as informações e manipulação dos dados geradas no projeto;

Atividade 1.4: Buscar compatibilidade entre os sistemas de informações em ambos os Estados para facilitar o intercâmbio de informações. De preferência chegar a um consenso e adotar sistema único.

Ação 2: Arranjos Institucionais

Atividade 2.1: Programação de reuniões por parte da CAGC APODI (local e data) com definição de pauta e participantes;

Atividade 2.2: Encaminhamentos políticos para a assinatura do texto da resolução e seu reconhecimento como marco legal futuro;

Atividade 2.3: Ênfase na necessidade de contar com divisões específicas de água subterrânea com orçamento e recursos humanos qualificados;

Atividade 2.4: Desenvolver cronograma executivo para as propostas de fortalecimento institucional em ambos os Estados.

Os múltiplos eventos de coordenação do estudo hidrogeológico e desenvolvimento do seu respectivo marco regulatório acabou se convertendo em uma importante capacitação a todos os atores envolvidos. Na etapa de implementação do marco regulatório é necessário formalizar institucionalmente um grupo destacado exclusivamente para assuntos de gestão de água subterrânea e dotá-lo com corpo técnico permanente.

Conforme definido nos capítulos introdutórios do Marco, se faz necessário amparar o referido Marco através de uma série de programas de capacitação e reforço institucional, entre eles:

- Capacitação de Empreendedores e Prestadores de Serviço;
- Capacitação Institucional e Reforço Institucional;
- Capacitação Específica para Municípios (Lic. Integrado)
- Editais Acadêmicos para Estudos Complementares (CNPq + Estado);
- Premiação para Iniciativas de Uso Racional e Diminuição de Vazões Extraídas (Dim. Tarifa);
- Programa de Regularização de Poços e Combate à Clandestinidade;
- Programa de Qualidade de Água Subterrânea Associado com Uso de Insumos Agrícolas.

Atividade 2.5: Promover um modelo de gestão participativa (com mecanismos consensuados de coordenação entre as comissões gestoras dos comitês de bacias até o estabelecimento de um grupo de assessoramento de águas subterrâneas com participação dos usuários e órgãos públicos e privados. Contar com uma agenda de reuniões sistemáticas com os usuários em toda a região do estudo e com eles discutir passo a passo a implementação do referido marco regulatório e as diretrizes de outorga.

Ação 3: Regularização dos Poços e Inventário de Poços

Atividade 3.1: Recomendação para finalizar inventário incluindo aspectos técnicos, sociais desenvolvendo o perfil dos usuários, conforme sugerido nas notas técnicas do GW-MATE. É necessário contar com um perfil de usos e usuários da água subterrânea para fins agrícolas, industriais e urbanos na região do estudo;

Atividade 3.2: As campanhas para regularização de poços deveriam priorizar aqueles com extrações superiores a 2 m³/h com potencial para uso agrícola. Trata-se de uma estratégia explícita de controle aos maiores usuários e proteção dos usuários menores.

Ação 4: Implementação e operação da rede de monitoramento

Atividade 4.1: Implementar e operar a rede de monitoramento em concordância com o número e localização dos Poços de Monitoramento sugeridos no estudo;

Atividade 4.2: Desenvolver rotinas e destacar pessoal técnico para manipular os dados obtidos na rede de monitoramento e confeccionar mapas temáticos a partir do SIG do projeto (potenciometria, mapas hidroquímicos, simulações de nível, entre outros).

Ação 5: Atividades Técnicas Prioritárias

Atividade 4.1: Desenvolvimento de estudos hidrogeológicos em escala piloto 1:25.000 nas células mais críticas buscando detalhar e quantificar os processos de recarga;

Atividade 4.2: Refinamento dos critérios de gestão através de modelamento de fluxo, utilizando técnicas de modelagem de aquífero;

Atividade 4.3: Realizar estudos específicos sobre o aquífero confinado Açú. Adensando a malha de poços cadastrados e realizando sondagens exploratórias em locais estratégicos do referido reservatório. Confeccionar modelo conceitual de fluxo regional e avaliar a conexão hidráulica deste com os aquíferos subjacentes, no caso com o aquífero Jandaíra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL 1997. Lei Federal nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília.
- Carvalho, R. S. 2007. Breve discussão sobre o tema gestão de recursos hídricos e pacto federativo. ANA. Brasília.
- CEARÁ 2008. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO. Cenário Atual dos Recursos Hídricos do Ceará, Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Esta do Ceará: Eudoro Walter de Santana (Coordenador), Fortaleza, INESP, 174p.: il. – (Coleção Pacto das Águas), CDD- 628.1.
- CNRH 2005. Conselho Nacional de Recursos Hídricos Resolução nº. 48, de 21 de março de 2005. Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Brasília.
- CNRH 2008a. Conselho Nacional de Recursos Hídricos Resolução nº. 91, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília.
- CNRH 2008b. Conselho Nacional de Recursos Hídricos). Resolução nº. 92, de 05 de novembro de 2008. Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro. Brasília.
- CNRH 2001a. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº. 16, de 8 de maio de 2001. Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Brasília.
- CNRH 2001b. Conselho Nacional de Recursos Hídricos Resolução nº. 15, de 11 de janeiro de 2001. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Brasília.
- CONAMA 2008. Conselho Nacional do Meio Ambiente (2008). Resolução nº. 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília.
- Feitosa, F. A. C.; Manoel Filho, J.; Feitosa, E. C. & Demétrio, J. G. A. 2008. Hidrogeologia, Conceitos e Aplicações, 3 ed. rev. E ampl. – Rio de Janeiro, CPRM, LABHID, 2008, 812p.
- Foster, S. 2010. Notas sobre o Andamento do Projeto, SRH-CE/SEMARH-RN, Gestão dos recursos hídricos subterrâneos. GW-MATE.
- Garduño, H.; Foster, S.; Contijoch, M. & Freitas, P. 2009. Proyectos de evaluación y gestión de recursos hídricos subterrâneos de SRH/COGERH-CEARA Y SEMARH-RIO GRANDE DO NORTE. Revisión de avances recientes y prioridades futuras.
- Guimarães, P. B. V. & Ribeiro, M. M. R. 2008. Águas subterrâneas: aspectos compartilhados da gestão de recursos hídricos na legislação brasileira. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal.

- OEA. 2009. ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. Aquífero Guarani: programa estratégico de ação, Edição bilíngüe.– Brasil; Argentina; Paraguai; Uruguai.
- PLANERH-CE. 1992. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará - Vol. 1: Diagnóstico, Fortaleza.
- PLANERH-RN. 1997. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte – Relatório Diagnóstico. Vol. 1, Natal.
- SEMARH 2009. Estudo sobre fontes de receitas e custos do sistema de gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte – Relatório 7. Programa PROÁGUA Nacional.

