



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

DÉBORA CRISTINA PEREIRA VALÕES

GESTÃO E USO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA
BACIA SEDIMENTAR DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE,
PERNAMBUCO

Recife, PE

2021



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

DÉBORA CRISTINA PEREIRA VALÕES

**GESTÃO E USO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA
BACIA SEDIMENTAR DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE,
PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Recife, PE

2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco

V198g Valões, Débora Cristina Pereira
Gestão e uso sustentável das águas subterrâneas na bacia sedimentar de São José do Belmonte, Pernambuco. / Débora Cristina Pereira Valões. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2021.

102 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2021.

1. Legislação de Águas Subterrâneas. 2. Poços Tubulares. 3. Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos. I. Engenharia Civil - Dissertação. II. Cabral, Jaime Joaquim da Silva Pereira (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

CDD: 690.028

DÉBORA CRISTINA PEREIRA VALÕES

**GESTÃO E USO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
NA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE,
PERNAMBUCO**

BANCA EXAMINADORA:

Orientador (a)



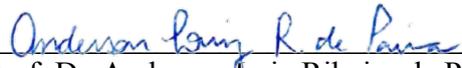
Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral
Universidade de Pernambuco

Examinadores

SIMONE ROSA DA
SILVA:47381833034

Assinado de forma digital por SIMONE
ROSA DA SILVA:47381833034
Dados: 2022.03.08 10:30:44 -03'00'

Profª. Dra. Simone Rosa da Silva
Universidade de Pernambuco



Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva
Universidade Federal de Pernambuco

Recife-PE
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força e coragem em concluir esse trabalho.

Agradeço aos meus pais por todo incentivo, em especial a minha mãe Cilene, que me inspira a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Não poderia deixar de citar da minha segunda mãe Doralice (in memoriam), que apesar da deficiência física, me ensinou na linguagem mais clara o significado do amor.

Aos meus irmãos, em especial a Catarina, pelo apoio emocional e suporte na dissertação. A minha sobrinha Maria Júlia, por alegrar os finais de semana trabalhosos e cansativos.

Ao meu namorado Mario pelo incentivo, paciência e o bom humor nas horas difíceis. A minha segunda família, Rita Helena, Tarcísio, Cecília, Maria Alice e Aegon, pela consideração, acolhida durante o mestrado e por todo o carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral, minha grande inspiração. Obrigada por todos os ensinamentos, amizade e compreensão. O senhor é o exemplo de tudo que eu quero ser na vida: profissional competente, que ama o que faz, paciente e acima de tudo homem de fé.

À Prof.^a Dr.^a Simone Rosa pelo incentivo, conselhos e pelas diversas colaborações a mim prestadas.

A Faculdade de Integração do Sertão, em especial o Dr. Luis Melo, pela confiança e estímulo para a realização do mestrado. Aos meus alunos do curso de Engenharia Civil, principalmente ao aluno Nathan Patriota, pela colaboração durante a elaboração desse trabalho.

À Prefeitura Municipal de São José do Belmonte pelo apoio, em especial ao secretário de agricultura Cícero Jean.

À Agência Pernambucana de Águas e Clima, especialmente o Mateus Souza, pelos e-mails respondidos e toda atenção prestada na realização dessa pesquisa.

Aos amigos do mestrado, principalmente minhas amigas Ana Karla Batista e Edenia Nascimento, pela parceria e pelo carinho.

À Cícero Jackson e Irislan Ferreira, pela ajuda na confecção de instrumentos e companhia durante as medições realizadas na pesquisa.

A equipe da EREFEM Napoleão Araújo, em especial ao professor Flávio Holanda, pelo suporte.

À Adalberto Alves Terto, Letícia Alencar e Vinicius Marques pelas informações, benevolência e toda atenção prestada na elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos por todas as palavras de ânimo e pela ausência em muitos encontros.

EPÍGRAFE

*“Dá pra ver que o desmando aqui é certo
Sobra voto, mas, falta competência
Pra tirar das cacimbas da ciência
Água doce que regue a plantação”.*

Chuva de Honestidade – Canção de Flávio Leandro.

RESUMO

Os recursos hídricos subterrâneos são temas constantes de estudos e pesquisas nas principais instituições acadêmicas do país. Os últimos governos do Brasil também se debruçaram e exploraram as mais variadas formas de captar e distribuir as águas subterrâneas, principalmente nas pequenas localidades do Nordeste brasileiro, onde a escassez da mesma é um sério problema. No semiárido pernambucano, a perfuração de poços sem planejamento e sem controle está provocando a superexploração dos aquíferos das bacias sedimentares interiores, colocando em risco a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos. O objetivo deste trabalho é apresentar um diagnóstico da aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos subterrâneos no município de São José do Belmonte, identificando deficiências e indicando medidas que aprimorem a administração das águas subterrâneas nessa região. Para impedir a exaustão dos aquíferos, em 2006, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (SECTMA), realizou um levantamento do potencial e da disponibilidade hídrica da bacia sedimentar de Belmonte, com o objetivo de fornecer subsídios para implementação de uma gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos. Apesar dos critérios estabelecidos, como por exemplo o Zoneamento Explotável de águas subterrâneas, o sistema aquífero do município é conhecido por muitos como uma “tábua de pirulito”, pois os usuários não respeitam a legislação e perfuram poços de forma desordenada. Não é respeitado o espaçamento mínimo entre os mesmos e isso acaba comprometendo o nível de água do aquífero. Este estudo teve início com a identificação e mapeamento de poços irregulares, bem como uma síntese de informações básicas como distância entre os poços, profundidade e vazão média de cada um. Os passos seguintes constituíram-se em apresentar as autoridades municipais todos os problemas verificados com a superexploração, apresentando um Plano de Ação envolvendo: Secretaria de Agricultura e Educação, a fim de socializar as informações a população local, promovendo sua conscientização no que diz respeito ao uso correto da água. Foi realizado um debate junto aos representantes das associações, com o intuito de formar agentes multiplicadores de conhecimento para as comunidades rurais. Em relação as escolas, a aplicação do plano ocorreu durante uma semana de atividades pedagógicas, como por exemplo, a produção de textos e desenhos educativos sobre a água. Foi proposto também ao órgão gestor APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) novos procedimentos para análise de outorga, considerando as dificuldades e a realidade dos usuários, em especial do agricultor belmontense. Conclui-se que a falta de monitoramento do aquífero da bacia em questão poderá levá-lo a exaustão hídrica, visto que os níveis d’água tem rebaixado cerca de 11 metros nos últimos 14 anos. Pode-se observar também que dos 52 poços visitados, 10 já apresentavam secos ou com vazão insuficiente para atender a demanda da localidade. Os instrumentos de gestão e as leis que protegem as águas subterrâneas tendem a ser eficientes, desde de que exista fiscalização. Mostrou-se a importância e a necessidade de educação ambiental, mas sem dúvida, no momento, o monitoramento do aquífero subterrâneo de São José do Belmonte é fundamental.

Palavras chave: Legislação de águas subterrâneas. Poços tubulares. Gestão de recursos hídricos subterrâneos.

ABSTRACT

Groundwater resources are constant themes of studies and research in the main academic institutions in the country. The last Brazilian governments also looked into and explored the most varied ways of capturing and distributing groundwater, especially in small towns in the Brazilian Northeast, where its scarcity is a serious problem. In the semi-arid region of Pernambuco, the drilling of wells without planning and control is causing the overexploitation of aquifers in the interior sedimentary basins, putting the sustainability of groundwater resources at risk. The objective of this work is to present a diagnosis of the application of groundwater resources management instruments in the municipality of São José do Belmonte, identifying deficiencies and indicating measures that improve the management of groundwater in this region. In order to prevent the depletion of aquifers, in 2006, the Department of Science, Technology and Environment of the State of Pernambuco (SECTMA) carried out a survey of the potential and availability of water in the Belmonte sedimentary basin, with the objective of providing subsidies for the implementation adequate management of groundwater resources. Despite the established criteria, such as the Exploitable Zoning of groundwater, the municipality's aquifer system is known by many as a "lollipop board", as users do not respect the legislation and drill wells in a disorderly manner. The minimum spacing between them is not respected and this ends up compromising the water level of the aquifer. This study began with the identification and mapping of irregular wells, as well as a summary of basic information such as distance between wells, depth and average flow of each one. The following steps consisted of presenting to the municipal authorities all the problems verified with the overexploitation, presenting an Action Plan involving: Department of Agriculture and Education, in order to socialize the information to the local population, promoting their awareness regarding the correct use of water. A debate was held with representatives of the associations, with the aim of training knowledge multiplier agents for rural communities. Regarding schools, the plan was implemented during a week of pedagogical activities, such as the production of educational texts and drawings about water. It was also proposed to the managing body APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) new procedures for grant analysis, considering the difficulties and the reality of users, especially the farmer from Belmonte. It is concluded that the lack of monitoring of the aquifer of the basin in question could lead to water exhaustion, since the water levels have been lowered by about 11 meters in the last 14 years. It can also be observed that of the 52 wells visited, 10 were already dry or with insufficient flow to meet the demand of the locality. Management instruments and laws that protect groundwater tend to be efficient, as long as there is enforcement. The importance and need for environmental education has been shown, but without a doubt, at the moment, monitoring the groundwater of São José do Belmonte is essential.

Keywords: Groundwater legislation. Tubular wells. Management of groundwater resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Experimento de Darcy	19
Figura 2- Esquema que caracteriza o conceito de transmissividade e condutividade hidráulica.	22
Figura 3- Conservação da massa (Equação da Continuidade).	24
Figura 4- Esquema do rio efluente e rio influente.	24
Figura 5- Mudança de rio efluente para influente durante uma cheia.	25
Figura 6- Aparelho elétrico para medição do nível de água de um poço.	27
Figura 7- Levelogger (medidor de nível automático).....	28
Figura 8 - Escoadouro de orifício circular.....	29
Figura 9- Ábaco para a avaliação da constante K em função da razão do diâmetro do orifício e diâmetro do tubo.....	30
Figura 10- Variação das cotas médias do Sistema Aquífero Araxá e superfície potenciométrica do Aquífero Paranoá (1979 a 2011).	36
Figura 11- Localização da bacia sedimentar de São José do Belmonte.	42
Figura 12 - Mapa geológico da bacia de São José do Belmonte.	43
Figura 13- Mapa de zoneamento explotável da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte.	45
Figura 14 - Medidor de nível d'água manual tipo elétrico.	48
Figura 15 - Eletrodo do medidor de nível d'água (popularmente conhecido como caneta).	49
Figura 16- Mangueira trançada e tubo de PVC de 20 mm	49
Figura 17- Escoadouro de orifício circular para medição de vazão em poços.	50
Figura 18- Orifício de 40 mm com a borda chanfrada com durepoxi.	51
Figura 19- Marcação dos poços do SIAGAS no mapa de São José do Belmonte.	57
Figura 20- Máquina roto pneumática tipo Pmx250, compressor Elgi 900/200 com capacidade de perfuração de 250 metros, perfurando um poço em São José do Belmonte.	59
Figura 21- Imagem satélite do Loteamento Jurema, no município de São José do Belmonte.	60
Figura 22- Poço nº 13, sem proteção e sistema de bombeamento no Loteamento Jurema.	61
Figura 23- Poços muito próximos em uma mesma propriedade, no Loteamento Jurema.....	61
Figura 24- Primeiro poço (nº 4) perfurado na região no ano de 2004.....	62
Figura 25- Poço nº 9 do Loteamento Jurema, localizado bem próximo ao poço nº 10.....	62
Figura 26- Poço nº 10 do Loteamento Jurema, localizado próximo ao poço nº 9.....	63
Figura 27- Poço 284 (a) e 285 (b).....	63
Figura 28 - Poço nº 379(a) e 554(b)	64

Figura 29-Poço 676 de uso coletivo, no Sítio Caneta.....	64
Figura 30- Medição do nível estático do Poço 306 na Fazenda Jurema.....	69
Figura 31- Perfil dos poços mais comprometidos com evolução dos níveis estáticos.	70
Figura 32- Localização dos poços mais comprometidos no município.....	71
Figura 33- Sede da Associação do Sítio Monte Alegre em São José do Belmonte- PE	74
Figura 34- Reunião com os representantes das associações do município.....	74
Figura 35- Agricultores da Região participando da Reunião.	75
Figura 36- Desenho do aluno Wanderson Alves 9º ano A, E. R. N. A., São José do Belmonte.	78
Figura 37- Desenhos de Luisa Mariano 7º ano B (a) e George Marllon 9º ano A (b), E. R. N. A., São José do Belmonte.....	79
Figura 38- Fila de carros pipa para abastecimento em um poço na zona rural de São José do Belmonte.....	82
Figura 39- Inquérito civil público sobre exploração da água subterrânea em São José do Belmonte.....	83
Figura 40- Controle de abastecimento do exército para carros pipa, Lote Nº 30 - Serra Talhada/PE.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade de poços perfurados após 2006.	58
Tabela 2- Empresas e máquinas perfuradoras de poços em São José do Belmonte (2021).	59
Tabela 3- Outorga para uso da água subterrânea em São José do Belmonte - Junho/2021	65
Tabela 4- Uso da água em São José do Belmonte, pelos dados do SIAGAS.....	66
Tabela 5- Nível estático e vazão dos poços em estudo.....	67
Tabela 7- Média de rebaixamento do nível estático dos poços.	72
Tabela 8- Resultado da vazão medida a partir do escoamento de orifício circular.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Questionário realizado com os representantes das associações de agricultores de São José do Belmonte.....	54
Quadro 2- Questionário aplicado com os alunos das escolas de São José do Belmonte.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Pergunta 1 do questionário: Marque com um X tudo que pode contaminar a água do poço.	75
Gráfico 2- Pergunta 2 do Questionário: Marque com X o órgão gestor de águas subterrâneas em Pernambuco.	76
Gráfico 3- Pergunta 3 do questionário: Marque com um X o que é preciso para perfurar um poço.	76
Gráfico 4- Primeira pergunta do questionário: Cite medidas que poderiam ajudar na conservação de água no seu município.....	80
Gráfico 5- Segunda pergunta do questionário: Discuta a contaminação da água para a população rural e urbana.	80
Gráfico 6- Pergunta 3 do questionário: Em relação aos fertilizantes e agrotóxicos colocados no solo.....	81
Gráfico 7- Pergunta 4 do questionário: Pesquise de onde vem a água que abastece sua residência.	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPRH	Agência Pernambucana do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
INCRA	Instituto Nacional de Reforma Agrária
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
PVE	Parecer de Viabilidade de Exploração
SECTMA	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (Existiu de 1998 até 2006)
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIGRH/PE	Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco
SISAR	Sistema Integrado de Saneamento Rural

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivo geral	17
1.3	Objetivos específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Hidrologia das águas subterrâneas.....	18
2.1.1	<i>Propriedades físicas</i>	19
2.1.2	<i>Interação água superficial com água subterrânea</i>	24
2.1.3	<i>Importância da realização do teste de bombeamento em poços</i>	25
2.1.4	<i>Medição do nível de água e vazão de poço tubular</i>	26
2.2	A problemática da gestão das águas subterrâneas.....	30
2.3	Boas práticas de gestão de águas subterrâneas	32
2.3.1	<i>A gestão de Israel</i>	33
2.3.2	<i>A gestão da Austrália</i>	34
2.3.3	<i>A gestão de Caldas Novas</i>	35
2.3.4	<i>A gestão do Recife</i>	37
2.4	Aspectos legais e institucionais de gestão de águas subterrâneas em Pernambuco	38
3	METODOLOGIA	40
3.1	Localização da área do estudo	40
3.1.1	<i>Geologia e hidrogeologia da bacia sedimentar de Belmonte</i>	42
3.1.2	<i>Zoneamento explorável da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte</i>	44
3.2	Levantamento e identificação de poços no Município	46
3.3	Escolha dos poços e coleta de dados	47
3.4	Elaboração e aplicação de um plano educacional nas escolas e associações de agricultores em São José do Belmonte.....	51

<i>3.4.1 Plano de ação nas associações de agricultores</i>	53
<i>3.4.2 Plano de ação secretaria de educação</i>	54
<i>3.4.3 Sugestão de Atividades nas Escolas</i>	55
4 RESULTADOS	57
4.1 Identificação de irregularidades de captura de água subterrânea em campo	60
4.2 Outorga para uso da água em São José do Belmonte	65
4.3 Uso da água em São José do Belmonte	65
4.4 Nível estático e vazão em poços de São José do Belmonte	67
4.5 Aplicação do Plano Educacional nas associações	73
4.6 Aplicação do Plano Educacional nas escolas do Município	77
4.7 A Problemática do uso de carros pipa no Município	82
4.8 Sugestões para o gerenciamento	85
5 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	90
ANEXO A – Relatório de Perfuração de Poço Prefeitura de Belmonte	97
ANEXO B – Calendário de fornecimento de água - 71° B I MTZ – Manancial Cabaças-São José do Belmonte Pernambuco	99

1 INTRODUÇÃO

Estudos apontam que nos próximos anos poderão surgir conflitos ocasionados pela escassez de recursos naturais, como por exemplo a água. Em todo o mundo, é grande a preocupação com os sistemas hídricos que vem se mostrando sobrecarregados devido ao aumento da demanda por água, propício ao crescimento populacional e econômico (TBARI; YADZI, 2014).

A gestão de recursos hídricos está relacionada à atividade minuciosa e inovadora, focada na elaboração de regras documentadas que servem de direção para a estruturação das atividades gerenciais. Seu principal objetivo é promover a gerência e o controle dos recursos hídricos. O gerenciamento relaciona-se com as ações governamentais para que seja feita o uso e controle das águas, avaliando os atos estabelecidos em documentos. Portanto, gestão tem o papel de criação intelectual e o gerenciamento a parte prática e avaliativa das ideias (HAGER, 2002).

O gerenciamento adequado permite que o usuário tenha uma maior preservação e estabilidade do suprimento de água, auxiliando na redução dos impactos relacionados aos recursos hídricos, como por exemplo sua segurança hídrica (ROSS, 2018). Quando se fala em administrar os bens hídricos, a preocupação maior é sempre com as águas superficiais, porém o esgotamento da água subterrânea já está em grau elevado se for comparar a taxa de renovação natural e a oferta necessária para o consumo humano (GLEESON *et al.*, 2012).

Em geral, as águas podem ser consideradas como superficiais (rios, córregos, lagos e oceanos) ou como subterrâneas (aquíferos). Às águas subterrâneas constituem-se o recurso natural mais explorado do subsolo brasileiro (HIRATA *et al.*, 2019). São essenciais para a vida, não apenas porque são utilizadas na sobrevivência humana abastecendo cidades, mas por servirem de insumo para as diversas atividades econômicas.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em vários locais do mundo a gestão das águas subterrâneas sofre desde a falta de interesse dos órgãos responsáveis por sua administração, até a falta de conhecimento da população em relação ao recurso explorado (MONTEIRO, 2018). Em contrapartida, citou-se ainda outros países que passaram por várias mudanças e hoje são referência em gerenciamento de recursos hídricos, como é o caso da Austrália e da União Europeia. A primeira propagou a Iniciativa Nacional da Água (*National*

Water Iniciativ- NWI), enquanto a segunda promulgou a Diretiva das águas subterrâneas em 2006.

A gestão das águas subterrâneas no Brasil é de responsabilidade dos estados (BRASIL, 1988). Em Pernambuco, o órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos é a Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, criada a partir da Lei 14.028 de 26 de março de 2010, contribuindo na preservação e recuperação das águas subterrâneas (PERNAMBUCO, 2010).

Desta feita, a segurança hídrica é muito mais do que a escassez de recursos físicos. Conforme definido por Melo e Johnsson (2017), é a disponibilidade de uma quantidade e qualidade aceitáveis de água para a saúde, meios de subsistência, ecossistemas e produção, juntamente com um nível aceitável de riscos relacionados à água para pessoas, ambientes e economias. Nesse contexto, surge o PNSH (Plano Nacional de Segurança Hídrica), apontando as condições atuais e futuras da segurança hídrica no Brasil (DE BRITO H; DE BRITO Y; RUFINO, 2022).

Dessa forma, a segurança hídrica se concentra nos resultados positivos e negativos – e não nos processos – para as pessoas, a economia e o meio ambiente que são influenciados por diversos aspectos da gestão da água. Os resultados sociais podem incluir pessoas afetadas por desastres relacionados à água, crianças afetadas por doenças transmitidas pela água, conflitos em torno do acesso ao abastecimento de água ou recreação baseada na água. Os resultados econômicos podem incluir perdas econômicas decorrentes de enchentes e secas, produção de energia hidrelétrica ou o valor da agricultura irrigada. Os resultados ambientais podem incluir a saúde do ecossistema, extensão das zonas úmidas e estuários, qualidade da água doce ou biodiversidade aquática (TUCCI, CHAGAS, 2017).

Por isso, se faz importante o saneamento básico, seja este urbano ou rural. No entanto, o saneamento das zonas rurais passa por dificuldades mais abrangentes, devido à ausência de prioridade nas políticas públicas até algumas culturas dentro das áreas agrícolas que não veem o saneamento básico como uma necessidade. O Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) desenvolvido no Alto Pajeú visa a universalização do saneamento básico, o qual vem sendo tratado como prioridade nas áreas localizadas no Sertão do Moxotó. Assim, as comunidades rurais do estado de Pernambuco receberão o sistema de esgotamento sanitário e abastecimento de água tratada (SIMONATO *et al.*, 2019).

1.1 Justificativa

Nos últimos anos, houve um aumento do uso de águas subterrâneas na cidade de São José do Belmonte, por conta das severas estiagens que comprometeram os mananciais superficiais. Conseqüentemente, para atender a demanda hídrica, ocorreu uma exploração desordenada das águas subterrâneas na região. Para impedir a exaustão dos aquíferos, em 2006, a Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco- SECTMA, através da empresa COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda. realizou um levantamento do potencial e da disponibilidade hídrica na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte, com o objetivo de fornecer subsídios para implementação de uma gestão adequada dos recursos hídricos.

Apesar dos critérios estabelecidos pelo Estudo em 2006, como por exemplo o Zoneamento Explotável de águas subterrâneas da região, o lençol subterrâneo do município é conhecido por muitos como uma “tábua de pirulito”, pois os usuários não respeitam a legislação e perfuram poços de forma desordenada. Pelo fato da autora dessa pesquisa residir no município, houve uma preocupação em estudar e apresentar aos conterrâneos uma visão aprofundada da situação em questão, visto a falta de conhecimento da população sobre a pertinência da legislação vigente.

Além desse problema, a cidade de São José do Belmonte faz divisa com os estados do Ceará e Paraíba, tornando-se um ponto estratégico para captação de água através de caminhões pipa, sem o controle de vazão dos poços explorados. Cerca de 130 veículos de várias cidades, retiram água dos mananciais belmontense e transportam a água para cidades dos três estados. Em torno de 10 caminhões pipa comercializam água e outros operam com o apoio administrativo do exército, que repassa o pagamento do governo federal pelo transporte de água para famílias necessitadas.

Em São José do Belmonte o povo sofre com a escassez das águas superficiais devido as grandes estiagens, no entanto, o subsolo é riquíssimo em água e a prática desordenada da perfuração de poços está colocando em risco a sustentabilidade das águas subterrâneas. A utilização correta da água deverá ser feita por todos para que isso não ocorra.

O presente trabalho visa em primeiro lugar, levar o conhecimento das autoridades belmontenses, a verdadeira situação em que se encontra a gestão dos recursos hídricos no

município e os problemas que poderão surgir decorrentes a superexploração das suas águas. As secretarias de Educação e Agricultura devem ter acesso a todas as informações da pesquisa e cada uma deverá traçar metas e objetivos que auxiliem na reversão do quadro. A ênfase, no entanto, será nas escolas, principalmente nos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, porque é muito importante ajudar crianças e adolescentes a desenvolver uma mentalidade que tenha em sua essência a sustentabilidade. A conscientização desde cedo em relação a cultura da preservação da água e suas múltiplas formas de uso é fundamental para o equilíbrio ambiental e o futuro das novas gerações.

1.2 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é analisar a aplicação de alguns instrumentos de gestão de recursos hídricos subterrâneos (outorga e mapa de zoneamento explorável) no Município de São José do Belmonte, identificando limitações e indicando medidas que aprimorem a gestão nessa região para o uso sustentável das águas subterrâneas.

1.3 Objetivos específicos

- Apresentar um diagnóstico das irregularidades na exploração das águas subterrâneas no Município de São José do Belmonte.
- Avaliar o rebaixamento do nível do lençol subterrâneo de poços que possuem boa acessibilidade.
- Elaborar um plano de ação para conscientização do uso da água subterrânea juntamente com a Secretaria de Agricultura e Secretaria de Educação da Prefeitura Municipal.
- Propor novos procedimentos para análise de outorga de direito do uso das águas subterrâneas ao órgão gestor, como piloto para outras bacias sedimentares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hidrologia das águas subterrâneas

Sem dúvida o recurso natural mais importante que existe na terra é a água, pois a mesma é tratada desde solvente universal até aquela que conduz os ciclos de vida. Além de ser usada para as funções vitais do homem, a mesma é utilizada para várias atividades ligadas aos diferentes setores, proporcionando o desenvolvimento econômico, agrícola e industrial (TUNDISI, 2003). Antes de explorar o universo da água, é de extrema importância conhecer o seu ciclo e além disso, entendermos alguns conceitos ligados as suas propriedades para um melhor entendimento do texto mais à frente (SILVEIRA, 2014).

As características que devem ser destacadas ao falarmos do ciclo hidrológico são a inconstância e a sua capacidade de mudança. A água passa por todos os estados (Sólido, Líquido e Gasoso), sendo a fase líquida a mais importante para o homem e a responsável pelo abastecimento dos rios, lagos, represas e águas subterrâneas. As partes constituintes que formam o ciclo hidrológico são a evaporação, a precipitação, a transpiração das plantas, infiltração, percolação e drenagem. A movimentação é estimulada pelo aquecimento solar e o vento que transportam o vapor d'água para os continentes, em seguida a força da gravidade auxilia na precipitação, impulsionando também a infiltração e a mobilidade da água (TUNDISI, 2003).

Segundo Caicedo (2014), existem três tipos de sistemas hidrogeológicos, que podem ser conhecidos como:

- Aquíferos: Possui estrutura geológica capaz de armazenar e transportar a água;
- Aquiclude: Estrutura geológica que pode armazenar água, mas a capacidade de transmissão ou liberação da água é praticamente nula;
- Aquitardo: Formação semipermeável, que tem uma capacidade muito pequena de armazenamento e transporte quando comparada a um aquífero.

De acordo com Monteiro (2018), é possível identificar uma quarta camada chamada de aquífugo, cuja estrutura é impermeável, e que só transmite a água a partir de fraturamento ou alteração na rocha.

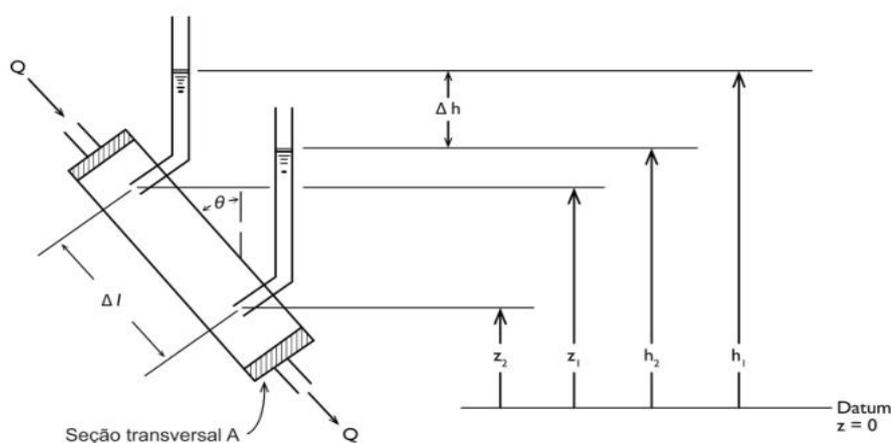
2.1.1 Propriedades físicas

As águas subterrâneas se movimentam com velocidade bem menor em relação as águas superficiais, chegando a ser na grandeza de centímetros por ano (cm/ano). A sua movimentação é caracterizada por parâmetros conhecidos como porosidade, condutividade hidráulica e coeficiente de armazenamento. Quando o material do subsolo é rochoso, só é possível encontrar água subterrânea nas fraturas, e geralmente não é de boa qualidade. Já quando o material não for consolidado (areia, silte, cascalho) é possível encontrar água de boa qualidade (CABRAL, 2008).

A porosidade é a relação entre o volume de vazios e o volume total de um solo ou rocha. Por não haver uma conexão direta entre os poros ou pelo princípio da adesão dos fluidos, nem sempre a água presente nos poros é liberada totalmente, definindo a porosidade efetiva para o fluxo como sendo a relação entre o volume de vazios drenáveis e o volume total. Além disso a porosidade ela poderá ser classificada como primária e secundária. Quando a rocha possui vazios desde a sua formação, a porosidade é primária e quando os poros aparecem logo após a formação da rocha a mesma é secundária (CABRAL, 2000).

Em um experimento realizado em 1856, o engenheiro hidráulico francês Henry Darcy, para entender melhor o escoamento da água no subsolo, utilizou um frasco de areia mostrado na Figura 1.

Figura 1- Experimento de Darcy



Fonte: Freeze e Cherry (2017).

A Equação 1 pode ser escrita da seguinte forma:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{(h_1 - h_2)}{L} \quad (1)$$

Onde,

K é o coeficiente de proporcionalidade, conhecido como condutividade hidráulica (m/s).

Na sequência serão apresentadas fórmulas utilizadas para o cálculo O gradiente hidráulico recebe esse nome devido à perda de carga por unidade de trajeto do fluido que poderá ser calculada através da diferença de cargas hidráulicas ($h_1 - h_2$) dividida pelo comprimento (L). A condutividade hidráulica é o K da equação de Darcy, levando em consideração as características como porosidade, tamanho, distribuição, forma e arrumação das partículas, em particular a massa específica e a viscosidade do fluido escoado (FREEZE; CHERRY, 2017). Quando o fluido for viscoso, no meio poroso, seu comportamento será diferente de outro com uma viscosidade menor. Se o líquido for menos denso, irá se comportar de maneira diferente do mais denso no escoamento. A Equação 2 a seguir calcula a condutividade hidráulica (K) em m/s:

$$K = \frac{k \cdot \rho \cdot g}{\mu} \quad (2)$$

Onde,

k= permeabilidade intrínseca do meio poroso (m^2)

μ = viscosidade dinâmica (Kg/m.s)

ρ =massa específica (Kg/m³)

g= gravidade (m/s²)

A permeabilidade intrínseca está relacionada a porosidade do material, análise granulométrica e disposição estrutural. Na literatura essa característica também poderá ser identificada como permeabilidade específica, expressa em cm² ou Darcy. O valor de 1 Darcy vale $0,987 \times 10^{-8}$ cm² (PEDE, 2004). Determinadas fórmulas são utilizadas para determinação do coeficiente de permeabilidade intrínseca, como a Equação 3 a seguir, que relaciona um valor adimensional (C) obtido em experimento e o diâmetro (d) médio dos grãos de material

$$k = C \cdot d \quad (3)$$

É possível deduzir que quanto mais uniformes os grãos, maior o espaço deixado entre eles e mais permeável será o material. Além dessas observações, o desvio padrão do diâmetro deverá também ser levado em consideração, pois se o material possui um valor alto para essa grandeza significa dizer que existe uma variação nos tamanhos dos grãos, caracterizando um material impermeável.

A velocidade de Darcy (q) é representada pela vazão (Q) dividida pela área (A). Porém, para o cálculo é levado em consideração a área total e não a dos vazios, logo se tem o valor aparente. Vale destacar que a Lei de Darcy aplica-se a velocidades pequenas, ou seja, para a situação de escoamento laminar (ANDREATTA, 2011). A classificação do escoamento para tubulações poderá ser calculada através do Número de Reynolds, pela Equação 4. Para o valor de Re próximo de 2100, caracteriza-se escoamento de transição, passando de laminar para turbulento.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (4)$$

Re = número de Reynolds (adimensional).

ρ = massa Específica (Kg/m^3).

v = velocidade (m/s).

μ = viscosidade dinâmica do fluido ($\text{Kg}/\text{m}\cdot\text{s}$).

Para o cálculo do número de Reynolds em relação aos meios porosos é usada a Equação 5.

$$Re = \frac{q \cdot d_{50}}{v} \quad (5)$$

Onde,

q = Velocidade de Darcy (m/s)

d_{50} = Diâmetro médio dos grãos (m)

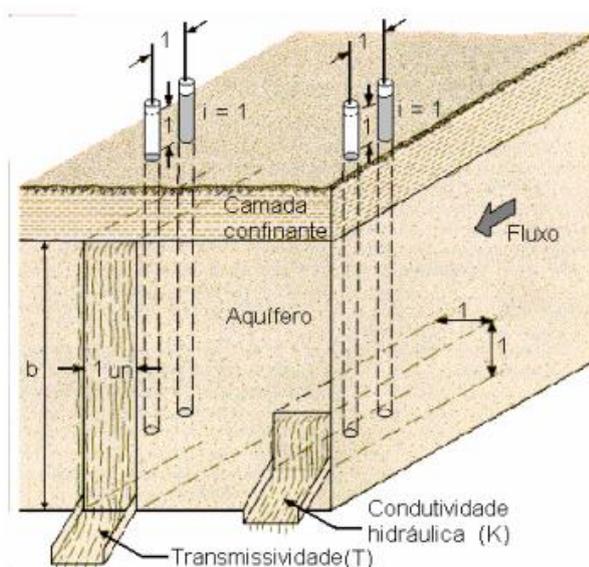
v = viscosidade cinemática do fluido (m^2/s)

A carga hidráulica está ligada diretamente à energia potencial (z) e energia de pressão (P/γ) do fluido nas condições que ele se encontra. Se o sistema estiver inserido na pressão atmosférica, o que deverá ser levado em consideração no escoamento é o nível da coluna de líquido. Quando

o sistema se achar submetido a uma pressão diferente da pressão atmosférica, tende a escoar no sentido de maior pressão para a menor pressão. Nos aquíferos não confinados, submetido a pressão atmosférica, a carga hidráulica é representada pelo nível da água ($h = z$). Já os aquíferos confinados a carga é relacionada à altura piezométrica (P/γ) somado a energia potencial (z), conhecido como nível potenciométrico (CABRAL, 2000). Em outras palavras será a altura do nível da água após a perfuração do poço.

Outra propriedade importante é a transmissividade, caracterizada pela quantidade de água conduzida horizontalmente pela espessura do aquífero (MONTEIRO, 2018). O esquema descrito na citação anterior está representado na Figura 2.

Figura 2- Esquema que caracteriza o conceito de transmissividade e condutividade hidráulica.



Fonte: Driscoll (1986) *apud* Cabral (2008).

Para o cálculo da transmissividade em aquíferos confinados deve-se usar a Equação 6.

$$T = K \cdot b \quad (6)$$

Logo,

T = transmissividade (m^2/s)

K = condutividade hidráulica (m/s)

b = espessura do aquífero (m)

Segundo Cabral (2008) o armazenamento e a movimentação de fluido nos aquíferos resulta das propriedades da água (viscosidade, densidade e compressibilidade) e dos poros (porosidade, permeabilidade intrínseca e compressibilidade). O resultado é expresso na Equação 7.

$$Se = \frac{\delta \cdot V_l}{V \cdot \delta h} \quad (7)$$

Onde,

Se= armazenamento específico.

V_l= volume de água liberado.

V= volume unitário.

δ= pequena variação.

Já o esquema de liberação de águas dos aquíferos confinados não é semelhante à dos aquíferos livres. No primeiro, ocorre um alívio da pressão ao perfurar um poço e conseqüentemente uma compactação do aquífero devido ao peso das camadas geológicas. No segundo caso, o ar passa a penetrar e o nível do lençol é rebaixado (CABRAL, 2008). O coeficiente de armazenamento é o resultado do produto da espessura do aquífero pelo armazenamento específico, conforme a Equação 8.

$$S = Se \cdot b \quad (8)$$

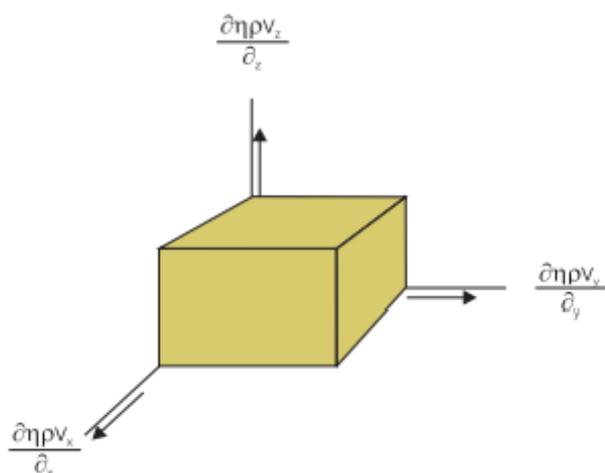
Todos os parâmetros descritos anteriormente são de extrema importância para o estudo do fluxo hidráulico no aquífero.

Além disso, é importante lembrar o cálculo feito através da equação da continuidade (Equação 9). Segundo Cabral (2008), a água não pode ser criada, nem destruída, apenas transformada.

$$\frac{\partial \eta \rho v_x}{\partial x} + \frac{\partial \eta \rho v_y}{\partial y} + \frac{\partial \eta \rho v_z}{\partial z} = - \frac{\partial \eta \rho}{\partial t} \quad (9)$$

O significado físico de cada parcela é representado na Figura 3 a seguir:

Figura 3- Conservação da massa (Equação da Continuidade).

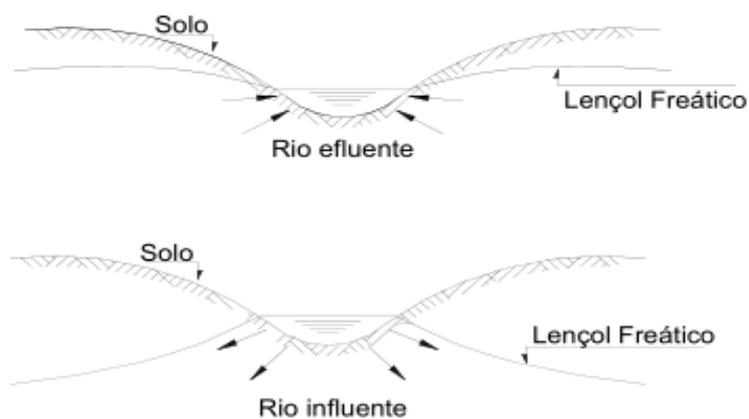


Fonte: Feitosa *et al.*, (2008).

2.1.2 Interação água superficial com água subterrânea

A relação entre as águas superficiais e a água subterrânea é praticamente caracterizada pela infiltração. Durante a chuva, parte da água escoou enquanto a outra adentra ao solo. Os Rios e Lagos podem influenciar a alimentação dos aquíferos ou serem influenciados. Quando o rio recarrega o aquífero é conhecido como influente. Quando o lençol subterrâneo recarrega o rio ele é conhecido como rio efluente, como é mostrado na Figura 4.

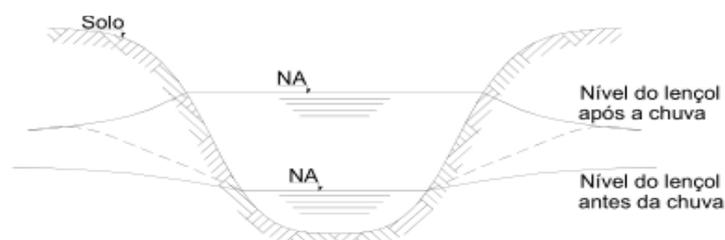
Figura 4- Esquema do rio efluente e rio influente.



Fonte: Cabral *et al.* (2001).

Alguns rios podem passar da situação de efluente para influente como mostra a Figura 5. Isso ocorre porque durante uma cheia, o nível da água sobre alimentação do aquífero que está mais abaixo.

Figura 5- Mudança de rio efluente para influente durante uma cheia.



Fonte: Cabral *et al.* (2001).

Os rios perenes, na época de estiagem, são alimentados pelos aquíferos. Esse processo é conhecido como fluxo de base, que depende da quantidade de água presente no aquífero e suas propriedades de transmissão de água e a decrescente exponencial ao longo do tempo como mostra a Equação 10.

$$Q = Q_0 \cdot \exp(-\alpha t) \quad (10)$$

Q é referente a descarga de base em instante t , Q_0 descarga inicial e α é o coeficiente de recessão que depende do aquífero próximo ao rio.

2.1.3 Importância da realização do teste de bombeamento em poços

O método mais utilizado para captar água subterrânea é através da perfuração de poços. A sua retirada pode ocasionar o chamado cone de rebaixamento, causado pela depressão do aquífero após a saída da água. No princípio, o fluido coletado fica no aquífero ao redor do poço, com o passar do tempo de bombeamento ele poderá vir de regiões mais distantes como de outros aquíferos ou outras fontes de águas superficiais (MONTEIRO, 2018).

O regime de escoamento no aquífero passa a ser permanente quando a contribuição da fonte externa for igual a vazão de saída, estabilizando o cone de rebaixamento e o aquífero deixará de ser fornecedor e passará a ser transmissor (FEITOSA, 2000). Para o cálculo do raio do cone

de rebaixamento é utilizado a Equação de Thiem, relacionando a vazão, a condutividade hidráulica, níveis estático, dinâmico e o raio do poço.

Esse tópico (2.1.3) foi criado no intuito de mostrar a importância da realização teste de vazão durante a coleta de água através do Poço. Na maioria das vezes esse procedimento é cobrado, o proprietário não contrata o serviço e acaba deixando de coletar informações importantes. Segundo Monteiro (2018), o teste de bombeamento tem como objetivo examinar a capacidade de produção do poço e dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero. O primeiro conhecido como teste de produção é realizado em três ou mais etapas, aumentando a vazão em cada uma. No teste de produção sucessivo deve-se esperar o nível do lençol recuperar-se em cada etapa, enquanto o teste de produção escalonado ocorre o aumento brusco da vazão sem a necessidade de espera.

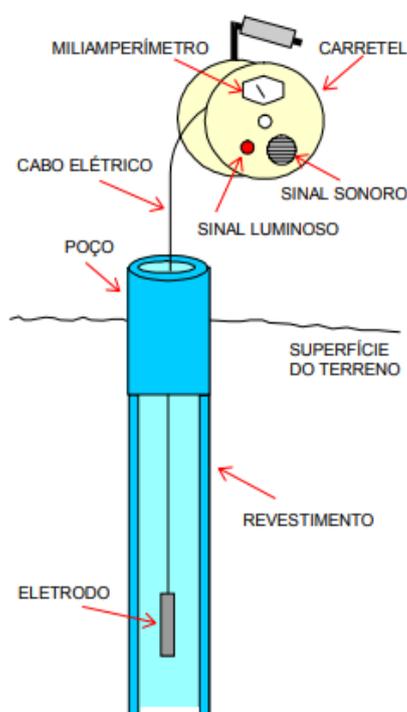
Existe a preocupação dos órgãos em relação a vazão retirada dos poços. O CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) criou um documento em meio eletrônico chamado manual prático para execução de testes de bombeamento com o intuito de orientar a determinação da vazão de referência para a instalação de um poço.

2.1.4 Medição do nível de água e vazão de poço tubular

Os equipamentos utilizados para a medição do nível estático e dinâmico de um poço tubular poderão ser de duas formas: através de medidores manuais ou automáticos. Já para a análise da vazão as medições podem ser feitas através da técnica de ultrassom, medidor tipo turbina, vertedouros, hidrômetros, método volumétrico, descarga livre em um tubo horizontal e escoadouro de orifício circular que será enfatizado nesse capítulo e utilizado para essa pesquisa.

Os medidores de níveis estáticos manuais podem ser divididos em elétricos e ultra- sônicos. O instrumento mais utilizado é o elétrico apresentado na Figura 6.

Figura 6- Aparelho elétrico para medição do nível de água de um poço.



Fonte: Feitosa e Costa Filho (1998).

Segundo Feitosa e Costa Filho (1998), o procedimento consiste em penetrar o sensor do medidor no poço até que toque na água. Quando isso acontece a peça emite um sinal sonoro ou luminoso para o operador do carretel que através do fio elétrico, com a escala de medida marcada, anota quantos metros o eletrodo desceu até encontrar água. Quando por algum motivo não se pode medir o nível entrando em contato com a superfície do líquido, o aparelho utilizado é o ultrassônico, que através da emissão de pulsos consegue receber os ecos refletidos e calcular a distância do nível da água.

Os dispositivos mais antigos para a medição do nível estático automático eram os linímetros. O procedimento consistia em utilizar energia produzida pelo movimento de subida e descida do fluido, através de um flutuador e um contrapeso, transmitindo através de engrenagens o nível da para um registrador. Houve o avanço da tecnologia e com isso os linímetros foram substituídos pelos *Levelogger* (Figura 7) baseado na variação da pressão que a coluna de água faz sobre um sensor (FEITOSA *et al.*, 2008).

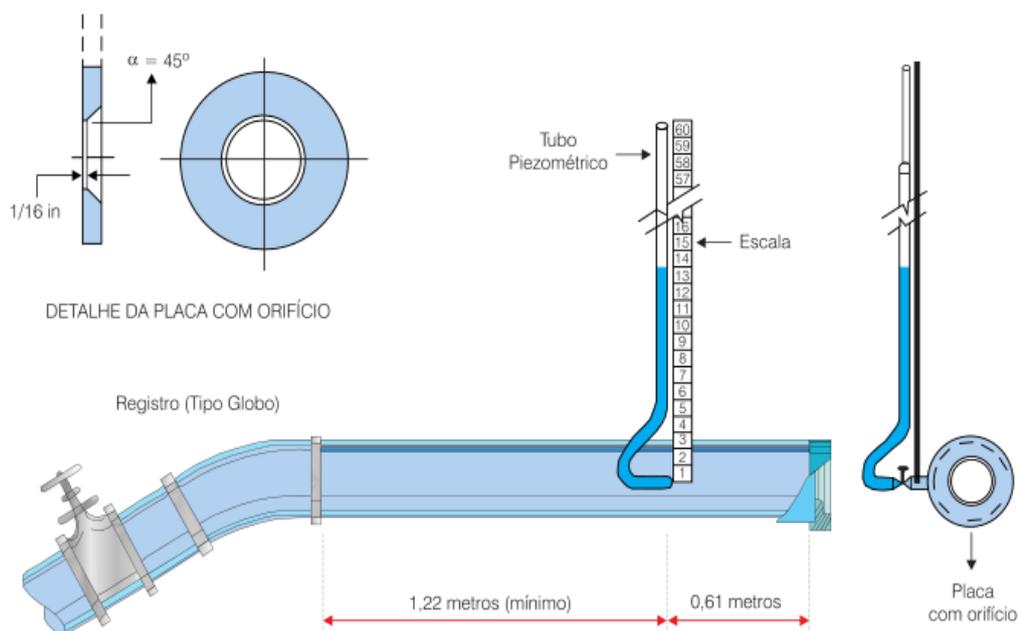
Figura 7- Levelogger (medidor de nível automático).



Fonte: Feitosa *et al.* (2008).

Para o cálculo da vazão, o método mais conhecido é o volumétrico, porém é importante que a vazão se mantenha constante a fim de obter um resultado consistente. Apesar de ser um método mais simples (encher um recipiente de volume conhecido e marcar o tempo), ele não tem um acompanhamento contínuo dos valores de vazão. Outra técnica um pouco mais complexa, porém, sem muitas dificuldades de ser realizada é a medição através de um escoadouro de orifício circular. Esse ensaio apresenta uma excelente precisão em relação aos demais, assegurando a constância dos valores de vazão. Nesse procedimento é utilizado um aparelho que pode ser construído em aço ou PVC. Um tubo de descarga é colocado na horizontal e através de medidas pré-determinadas ligado a um registro tipo globo, uma mangueira fina que irá funcionar como o piezômetro e na saída um orifício de diâmetro menor como mostra a Figura 8 (FEITOSA *et al.*, 2008).

Figura 8 - Escadouro de orifício circular



Fonte: Driscoll (1986) apud Feitosa *et al.* (2008).

A placa circular que estrangula a saída de água deverá ser lisa, perfeitamente centrada e as suas paredes deverão ser chanfradas a um ângulo de 45 °. É importantíssimo que todo o sistema esteja perfeitamente posicionado na horizontal, então sugere-se o uso de um nível de mão na realização do procedimento. A escala medirá a subida água pela mangueira piezométrica e logo em seguida a realização dos cálculos deverá ser feita através da Equação 11:

$$Q = 4,43 K \cdot A \cdot \sqrt{h} \quad (11)$$

Onde

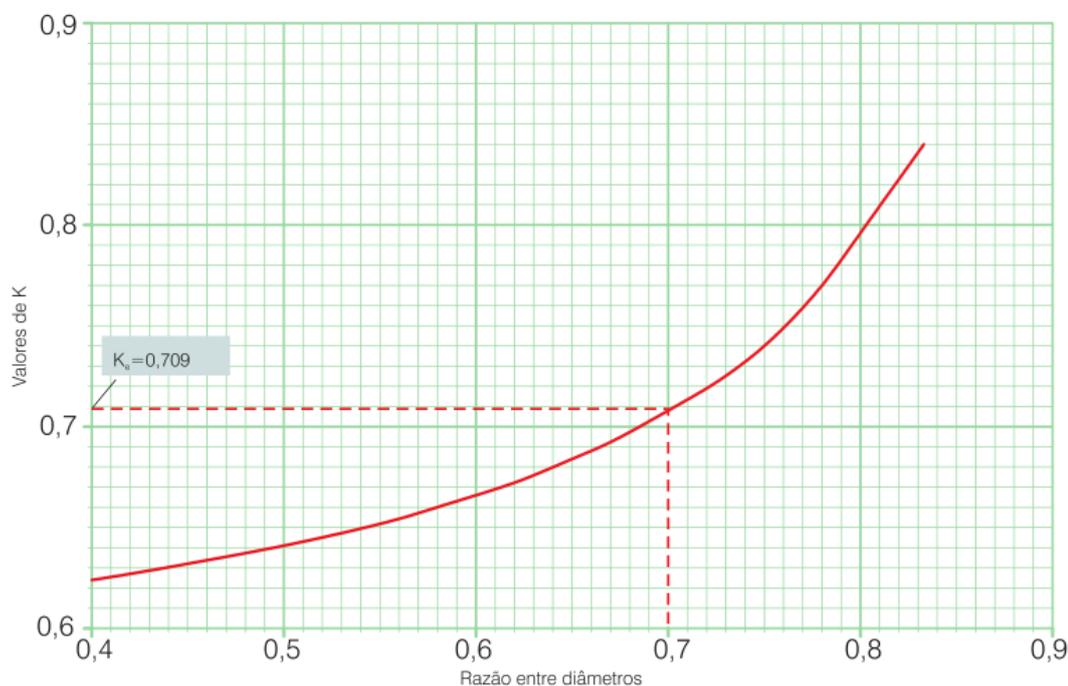
Q= vazão (m³/s).

K = constante do dispositivo fornecida pelo gráfico a seguir (Figura 9).

A= seção do orifício de descarga (m²).

h= altura piezométrica em metros (m).

Figura 9- Ábaco para a avaliação da constante K em função da razão do diâmetro do orifício e diâmetro do tubo.



Fonte: Driscoll (1986) *apud* Feitosa *et al.* (2008).

É importante destacar que o orifício menor tenha 0,8 vezes o diâmetro interno do tubo de descarga e antes de começar a medição fazer outro tipo de teste de vazão com a finalidade de verificar a eficácia do aparelho.

2.2 A problemática da gestão das águas subterrâneas

As águas subterrâneas constituem-se o recurso natural mais explorado do subsolo brasileiro. São essenciais para a vida, não apenas porque são utilizadas na sobrevivência humana abastecendo cidades, e servirem de insumo para as diversas atividades econômicas, mas porque sem as mesmas, as florestas e regiões de clima tropical ou seco não existiriam. São elas que sustentam os ambientes aquáticos, equilibrando os sistemas e as funções que cada um desempenha no meio ambiente.

No Brasil, especialmente no sertão nordestino, as águas subterrâneas são extraídas por meios de poços tubulares popularmente conhecidos como artesianos. Infelizmente o número de poços no país é desconhecido, mas estima-se que existam mais de 2,5 milhões de poços tubulares, cujo o custo envolvido com perfuração e instalação somam mais de R\$ 75 bilhões. Apesar de

na legislação ser obrigatório o registro ou autorização para extração da água, a captação legal da mesma é apenas pouco mais de 1 % (HIRATA *et al.*, 2019).

Segundo Herraiz (2009), vários problemas surgem com a exploração intensa desse fluido, como por exemplo as quedas significativas nos níveis de água, redução do fluxo dos rios e nascentes, subsidência de terrenos e intrusão marinha. Além dessa problemática, no país, a falta de saneamento acarreta o despejo dos esgotos na natureza, por conta da escassez de redes coletoras, auxiliando na contaminação dos seus aquíferos. A existência de infraestrutura não garante a preservação da água subterrânea, pois o vazamento das redes mal projetadas e antigas tem sido absoluto para a contaminação das águas subterrâneas. Para mais, a estrutura hídrica segundo Milly *et al.* (2008), afeta diretamente o risco de inundação, o suprimento e a qualidade das dos recursos hídricos.

A palavra gestão está relacionada a atividade minuciosa e inovadora, focada na elaboração de regras documentadas que servem de direção para a estruturação das atividades gerenciais. Seu principal objetivo é promover a gerência e o controle dos recursos hídricos. O gerenciamento relaciona-se com as ações governamentais para que seja feita o uso e controle das águas, avaliando os atos estabelecidas em documentos (BIWAS, 2004).

Para gestão da água utiliza-se ferramentas de gestão pelas quais se pretende resolver os problemas futuros com a falta d'água a partir de procedimentos de programação e administração (FASAKHODI; NOURI; AMINI, 2010). O Brasil apresenta uma generosa oferta de água, mas mal distribuída geograficamente, fazendo com que o planejamento integrado e a efetividade da gestão dos recursos hídricos sejam parâmetros de urgência. Para água subterrânea é necessário que haja uma estruturação da equipe gestora, formada por uma equipe técnica capacitada para acompanhar o exercício da legislação (DA COSTA; SANTOS, 2000).

É necessário que ocorra o desenvolvimento de um processo sistemático para organização, análise e compatibilização dos usos múltiplos dos recursos hídricos, a fim de garantir o uso racional, a oferta e a qualidade das águas. O dever dos órgãos responsáveis pela gestão, é identificar os vários problemas atuais e analisar os impactos que a escassez dos recursos hídricos podem provocar nas gerações futuras (LOUCKS, 2000).

A sabedoria popular que diz que “o que olhos não veem o coração não sente”, reflete um dos grandes desafios que enfrenta a gestão de recursos hídricos no Brasil. Por estarem longe dos olhos, as águas da subsuperfície, passam despercebidas das boas práticas de proteção e sustentabilidade. Para um melhor gerenciamento desse recurso é necessário conhecimento por parte da população. Essa ação pode promover um desfecho positivo na administração das águas. As chances de sucesso são ainda maiores quando o conhecimento não é apenas teórico, mas também prático.

A chave para resolver os problemas relacionados a água não depende somente de disponibilidade dela, mas sim de vários outros fatores como por exemplo: uma maior competência e logística das instituições responsáveis por sua administração; práticas políticas que afetam o planejamento, desenvolvimento e gestão da água, como por exemplo corrupção; investimentos na área; condições climáticas, sociais e ambientais do país; nível de tecnologia da região; condições educacionais e de desenvolvimento; e a qualidade, valorização e eficiência das pesquisas que estão sendo feitas para resolver os problemas relacionados a água (BISWAS, 2008).

As informações sobre as características hidrogeológicas do local, avaliação da qualidade da água, o possível tratamento (exemplo: dessalinização), manejo dos resíduos gerados no tratamento, uso racional (educação ambiental para as comunidades), saneamento, são indispensáveis na garantia da sustentabilidade (FO *et al.*, 2004).

2.3 Boas práticas de gestão de águas subterrâneas

O gerenciamento das águas subterrâneas vem se mostrando eficiente, indicando um sucesso ainda maior, quando há a participação do usuário (CONICELLI; HIRATA, 2016). Logo, é possível destacar que ferramentas ligadas a conscientização e educação ambiental, tornam-se fundamentais a preservação dos recursos subterrâneos. Com o intuito de aplicar as boas práticas de gerenciamento na região de São José do Belmonte, na sequência, serão mostradas iniciativas de algumas cidades do Brasil e do mundo em relação à gestão de recursos hídricos subterrâneos: Israel, Austrália, Caldas Novas- GO e Recife-PE.

2.3.1 A gestão de Israel

País situado no Oriente Médio, Israel apresenta características de clima semiárido. A precipitação anual é de aproximadamente 1000 mm na parte montanhosa ao norte, nas partes centrais e costeira varia de 500 a 600 mm, enquanto nas regiões ao Sul (Negev e Arava) a precipitação anual chega a valores inferiores a 50 mm por ano. Boa parte da água das chuvas é evaporada (cerca de 70%), enquanto umas parcelas de 25 % das precipitações são infiltradas e os outros 5% fluem com as águas superficiais (WEINBERG *et al.*, 2012).

Observando a história da gestão de recursos hídricos no país, no início, houveram vários problemas em relação a organização do sistema, já que o mesmo era considerado falho em relação as tomadas de decisões, sendo que a gestão era de responsabilidade do Ministério da Agricultura. No ano de 2007 foi criada a Autoridade da Água, tornando-se o órgão gestor nacional e que atua em parceria com a empresa pública Mekorot, responsável pelos projetos de obras hídricas, operação e manutenção da transportadora de água do país (MONTEIRO, 2018).

Fazendo uma comparação entre Israel e Brasil, constata-se realidades diferentes. O primeiro sofre com a escassez hídrica por todo o país, enquanto o segundo, apesar da mesma dificuldade em algumas regiões, é conhecido por apresentar as maiores reservas de água doce do mundo. Em meio a essa problemática, Israel é conhecido por possuir umas das gestões mais bem-sucedidas já implantadas mundialmente, comprovada pelo documento técnico chamado *Water Management in Israel*, publicado pelo Banco Mundial em agosto de 2017. O relatório apresenta os principais pontos em relação a gestão de recursos hídricos em Israel e tem a finalidade de ensinar os mecanismos adotados no país a locais com risco de esgotamento hídrico (ARAÚJO *et al.*, 2018).

Israel colocou em prática uma política focada em mudanças institucionais e investimento em infraestrutura, abrangendo as seguintes ações: Um sistema de transporte de água a granel (transportando 95% das águas do território aos fornecedores regionais que mandam a água até o usuário final), reaproveitamento das águas residuais para a agricultura, dessalinização em larga escala, utilização dos aquíferos como reservatórios, tecnologias eficientes de irrigação, campanhas de conscientização pública sobre a valorização da água, estímulo a inovações tecnológicas em relação aos recursos hídricos (MARIN *et al.*, 2017).

Um ponto que merece destaque em Israel é a reutilização das águas residuais, onde 75% dos efluentes gerados são reutilizadas na agricultura. A atividade de reuso é feita no país há décadas, com o uso de tecnologia avançada (ROCHA; SILVA; BARROS, 2010). Outro fato que merece visibilidade é como se define a quantidade de água a ser utilizada na lavoura. Quando um agricultor precisa de licença para utilizar água de fontes superficiais ou subterrâneas, primeiro é verificado o tamanho da propriedade, localização geográfica e qual a evaporação local. Entretanto, o uso da água será referente a disponibilidade de recursos hídricos na região. O parâmetro limitante é a disponibilidade do recurso na propriedade.

Outro ponto importante para a gestão das águas subterrâneas em Israel é a política da recarga dos aquíferos, através dos poços de infiltração em época de chuvas intensas (MONTEIRO,2018). Outra técnica de carregamento dos aquíferos é a utilização das águas do Mar da Galileia, porém, trouxe outros obstáculos a gestão no sentido de entender a relação entre águas de qualidades diferentes, entupimento de solos em lagoas de infiltração e obstrução nas telas dos poços de infiltração.

2.3.2 A gestão da Austrália

Os recursos subterrâneos desse país têm grande importância, devido à cidade estar localizada no continente mais seco e inabitável do planeta, e as águas superficiais limitam-se a uma pequena área (HARRINGTON; COOK, 2014).

A gestão hídrica no país começou desde a década de 80, quando foi adotada a política de licenciamento de direito do uso da água compatível ao clima seco da região. A partir da publicação de Agenda 21 (Rio- 92) a Austrália passou a adotar medidas em relação a sustentabilidade e aceitou em sua legislação a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável Ecológico (1992); Acordo Intergovernamental para o Meio Ambiente (1992); Quadro Nacional para o Melhoramento da Gestão das Águas Subterrâneas na Austrália (1996) e a Iniciativa Nacional para a Água (2004) (BENNET; GARDNER, 2014). Outro destaque foi o período de seca (1997 a 2009) que ficou conhecido como a Seca do Milênio, fato que representa uma mudança importante no rumo na gestão hídrica do país, pois foi nesse período a assinatura do National Water Initiative (NWI) pelos chefes de estado.

Em 2007 houve um investimento de 82 milhões de dólares em um Plano de Ação Nacional para as Águas Subterrâneas (GAP). Durante sua execução (2008 e 2012), três ações de trabalho

foram implementadas: A primeira consistia em realizar investigações nos sistemas dos aquíferos, custando 50 milhões com a Iniciativa Nacional para a Identificação das Águas Subterrâneas (NGAI). A segunda atuação foi a criação de um centro de pesquisa voltado para águas subterrâneas, especificamente O Centro Nacional para Pesquisas em Águas Subterrâneas e Treinamentos (NCGRT), apoiando estudos voltados ao meio ambiente sustentável, convênios com universidades e oferta de pós-graduação na área. A terceira ação está ligada a promover conhecimento e capacitação de boas práticas de gestão de águas subterrâneas aos usuários e aos gestores (MONTEIRO, 2018).

Ainda segundo Monteiro (2018) os principais pontos do NGAI foram analisar as propriedades em relação à gestão, padronizando dados, medidas e nomenclaturas e investigar a legislação nos estados; mapear as condições geológicas dos locais de fontes de águas residuais e pluviais, para o gerenciamento de recargas dos aquíferos; identificar a fragilidade dos ecossistemas que dependem das águas subterrâneas; investigar os pontos de ligação entre as águas superficiais e subterrâneas; analisar as condições das águas subterrâneas mais profundas e por fim aumentar o foco na gestão de risco das águas subterrâneas em relação a contaminação e extensão dos danos.

A grande causa do sucesso em relação a gestão de recursos hídricos na Austrália, foi justamente o uso eficiente das águas urbanas. Procurou-se economizar a um menor custo e até mais rápido que as opções de oferta da água. Em algumas regiões do país, a mídia foi bastante utilizada, informando por exemplo, os níveis dos reservatórios e consumo de água per capita aos usuários através de noticiários. A comunicação com o público em relação a escassez hídrica e programas de economia de água foram essenciais para iniciativas do controle de seu uso, como por exemplo, oferta de descontos e outras iniciativas para poupar água.

2.3.3 A gestão de Caldas Novas

A principal atividade econômica da região de Caldas Novas- GO é o uso das águas termais. Além das belezas naturais, as águas subterrâneas são responsáveis por atrair turistas até a região. A atração por balneoterapia, faz do turismo local uma importante ferramenta econômica, proporcionando melhor qualidade de vida para a população local.

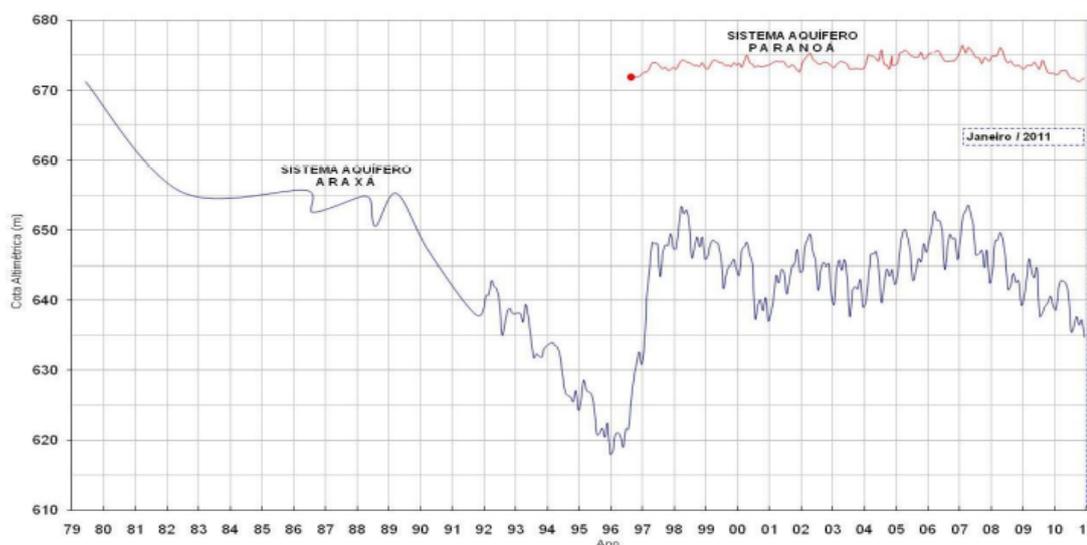
Até a década de 60, as estâncias hidrotermais de Caldas Novas, Lagoa de Pirapitinga e Pousada do Rio quente, eram alimentadas de formas naturais. As perfurações de poços profundos

começaram a intensificar no início dos anos 70 e até o início da década de 80 foram identificados 72 poços cadastrados. Houve um aumento de 72 para 210 poços cadastrados até o início da década de 90, rebaixando a superfície potenciométrica em 40 metros (PEIXOTO FILHO, 2000).

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), órgão vinculado ao Ministério de Minas e energia, responsável pela gestão das águas subterrâneas nessa época, junto do 6º distrito em Goiás, vetou parte dos poços ilegais e passou a controlar as vazões dos poços com a instalação de hidrômetros. Com isso, os usuários foram obrigados a economizar água e em 2 anos, houve a recuperação da superfície potenciométrica em 30 metros (PEIXOTO FILHO, 2000).

No final da década de 90, o cadastramento de poços chegou a 400, e a providência tomada pelo órgão gestor foi impor restrições ao abastecimento público (residência, escolas e indústrias), já que o turismo e a economia eram alimentados pelas águas termais. As fontes da localidade não mais atingiam a temperatura ideal (36° a 50°) devido à quantidade de poços perfurados (PEIXOTO FILHO, 2000). Segundo Almeida (2011), o pico do rebaixamento foi em 1996, como mostra a Figura 10.

Figura 10- Variação das cotas médias do Sistema Aquífero Araxá e superfície potenciométrica do Aquífero Paranoá (1979 a 2011).



Fonte: Almeida (2011).

No ano de 1997, O DNPM criou a portaria nº 54/97 (substituída pela de nº 52/99) paralisou por 2 anos a perfuração de poços profundos para uso da água mineral termal na região de Caldas

Novas e Rio quente. Outra medida foi a medição mensal dos níveis piezométrico dos poços e a instalação de hidrômetros nos poços, junto a conscientização da população sobre o uso sustentável das águas termais (ALMEIDA, 2011).

Ainda segundo Almeida (2011), podemos observar as curvas ascendentes depois de 1997, no entanto a exploração ainda é elevada. O fato pode ser devido ao bombeamento de água termal pela empresa de abastecimento público Municipal DMAE no valor de 150 m³/h por até 24 horas por dia e perfuração excessiva de poços de água fria. Além dessas problemáticas, podemos citar a ocupação e impermeabilização do solo, que também acaba prejudicando a recarga do aquífero da região.

Segundo Palmerston (2020), o principal responsável pelo rebaixamento dos aquíferos é a atividade turística, fato comprovado com o fechamento de todos os clubes e hotéis de 18 de março a 30 de junho de 2020. Essa intervenção ocorreu devido a pandemia do novo Coronavírus (SARS-COV-2), através da portaria nº 90/2020 da Secretaria de Saúde Municipal. Com a paralisação de três meses, foi possível observar uma recuperação dos aquíferos, chegando a igualar ao nível do ano de 1979.

2.3.4 A gestão do Recife

Em Pernambuco a legislação referente a gestão de águas é composta por duas leis. A primeira, é a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 12.984), de 30 de dezembro de 2005 (PERNAMBUCO, 2005), que em seu artigo 5º, determina como instrumentos de gestão: o enquadramento dos corpos d'água, os planos diretores de recursos hídricos, a outorga do direito do uso da água, a fiscalização, a cobrança, o sistema de informações e o monitoramento dos recursos hídricos. A outra lei referente a gestão de água, pipamente referente à água subterrânea, é a Lei de nº 11.427, de 17 de janeiro de 1997 (PERNAMBUCO, 1997), e seu decreto regulamentador, Decreto nº 20.423, de 26 de março de 1998, referente a conservação e proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 1998).

Além dessas leis, é preciso citar as resoluções do CRH (Conselho Estadual de Recursos Hídricos), como por exemplo a Resolução de número 02/2020 que dispõe sobre a obrigatoriedade de análise físico-químicas e microbiológicas em águas de mananciais subterrâneos para fins de outorga e licença ambiental, e dá outras providencias.

Segundo Cabral (2008), entre os anos de 1997 e 1998, houve um aumento na perfuração de poços em Recife, consequência da seca severa na região. Essa ação gerou diversos problemas em relação a redução dos níveis de águas subterrâneas, diminuição da qualidade da água, salinização da água e risco de subsidência de terras.

Em 1998, foi elaborado o mapa de zoneamento explorável da RMR, com a finalidade de controlar o uso da água subterrânea, uma vez que os pleitos de outorga são determinados de acordo com a área de restrição indicados no mapa. Foi realizado um trabalho intenso de fiscalização na região, pode-se avaliar o mapa como um bom instrumento de gestão (SILVA; MONTEIRO; FRANÇA,1999).

Apesar do caminho longo pela frente, estudos já apontam resultados favoráveis na aplicação desses instrumentos de gestão na RMR. Podemos citar como exemplo o Aquífero Cabo, que segundo Borba *et al.* (2012) recuperou-se em relação a qualidade da água dos poços. Felizmente, apenas o teor de Ferro encontra-se acima do valor máximo permitido para o consumo humano regulado pela seguinte Portaria: GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de consolidação GM/MS Nº 5, de 28 de setembro de 2017.

O fator apresentado por Borba *et al.* (2012) foi justamente a “qualidade das construções de poços tubulares” que contribuiu para o melhoramento da qualidade das águas subterrâneas.

2.4 Aspectos legais e institucionais de gestão de águas subterrâneas em Pernambuco

Além da legislação estadual citada na seção anterior, foram elaboradas pelo governo estadual algumas regulamentações específicas para determinadas localidades com aquíferos em bacias sedimentares.

Para a região em estudo é importante destacar a Resolução nº CRH 06/2020 (PERNAMBUCO, 2020), que tem a finalidade de instituir o Mapa de Zoneamento Explorável da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte como instrumento de gestão para águas subterrâneas. A norma citada acima, apresenta vários pontos positivos em relação a controles de vazões outorgadas, distância mínima entre poços, prazos estabelecidos para regularização de outorga, dentre outros aspectos.

A APAC, criada em 2010, completou a estrutura do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco SIGRH/PE, facilitando as condições para a

administração e regulação da água, auxiliando na sua preservação e conservação a longo prazo. O órgão gestor tem como missão planejar e disciplinar o uso da água em todo o Estado de Pernambuco.

De acordo com a portaria conjunta 001/2017 (PERNAMBUCO, 2017), a CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente) atua em conjunto com a APAC na emissão do licenciamento ambiental para perfuração de poços, conforme as atribuições na Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010 (PERNAMBUCO, 2010). Após a aprovação da lei 16.784, de 23 de dezembro de 2019 (PERNAMBUCO, 2019), retirou-se a responsabilidade do CPRH na emissão do licenciamento ambiental para exploração de águas subterrâneas, mesmo o documento sendo exigido pela APAC para emissão do PVE (Parecer de viabilidade de exploração), o que gera um conflito direto de Leis ordinárias estaduais.

Outorga é uma ação administrativa que concede a pessoa física ou jurídica o direito a uso da água (superficial ou subterrânea) por um tempo determinado (DA SILVA; MARQUES; MONTEIRO, 1998). Ademais, é um instrumento de gestão disposto na Lei nº 12.984 de 30 de dezembro de 2005 (PERNAMBUCO, 2005), porém, antes a mesma já surtia efeito pela Lei 11.426 de 17 de janeiro de 1997 (PERNAMBUCO, 1997).

Para solicitação de outorga em Pernambuco, os processos deverão ser protocolados virtualmente pelo endereço de e-mail protocolo@apac.pe.gov.br, junto aos seguintes documentos:

- Requerimento relativo ao uso em questão (exemplificados abaixo);
- Anexos e documentos complementares;
- Cópia da licença ambiental emitida pela entidade responsável;

Atualmente existem três tipos de requerimento, especificados conforme as descrições a seguir: Requerimento PVE (Parecer de Viabilidade de Exploração) para o usuário que deseja perfurar um poço para utilização da água subterrânea; Requerimento de Outorga de Água Subterrânea quando se trata de poços que já existem, incluindo nessa categoria renovações de outorga e regularização de poços existentes; Requerimento de Outorga de Água Superficial deverá ser preenchido quando se tratar de utilização de águas superficiais. Todos os modelos de documentos encontram-se no site da APAC (APAC, 2019).

3 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida nesse trabalho foi composta por revisão bibliográfica, coletas de documentos, visitas em campo e consultas a órgãos públicos como a APAC e Secretaria Municipal de Agricultura. Para delimitação das inspeções de campo, foram utilizadas informações da secretaria de agricultura e consulta a população local sobre poços irregulares. A partir daí, foram realizadas visitas a zona rural e urbana, identificando as fontes de captação de água subterrânea (poços), com a determinação das coordenadas geográficas (utilizando GPS), profundidade (utilizando o aparelho medidor de nível estático), e condições de instalações, inclusive dos poços levantados no estudo hidrogeológico em 2006 e do banco de dados do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas).

Foram entrevistados também os proprietários das empresas perfuradoras de poços, com a intenção de coletar informações a respeito de localização e quantidade de poços do município. O resultado foi analisado e descrito em planilha Excel®, para facilitar a elaboração de tabelas, gráficos e mapas, que demonstrem o comprometimento do lençol subterrâneo belmontense e que poderá causar sua exaustão.

Os passos seguintes consistiram em apresentar as autoridades municipais e estaduais todos os prejuízos verificados com a superexploração, apresentando um plano de ação envolvendo: secretarias municipais de agricultura e educação a fim de socializar as informações a população local, promovendo a conscientização no que diz respeito ao uso correto da água. Foi proposto também ao órgão gestor novos procedimentos para análise de outorga considerando as dificuldades e a realidade do agricultor belmontense.

3.1 Localização da área do estudo

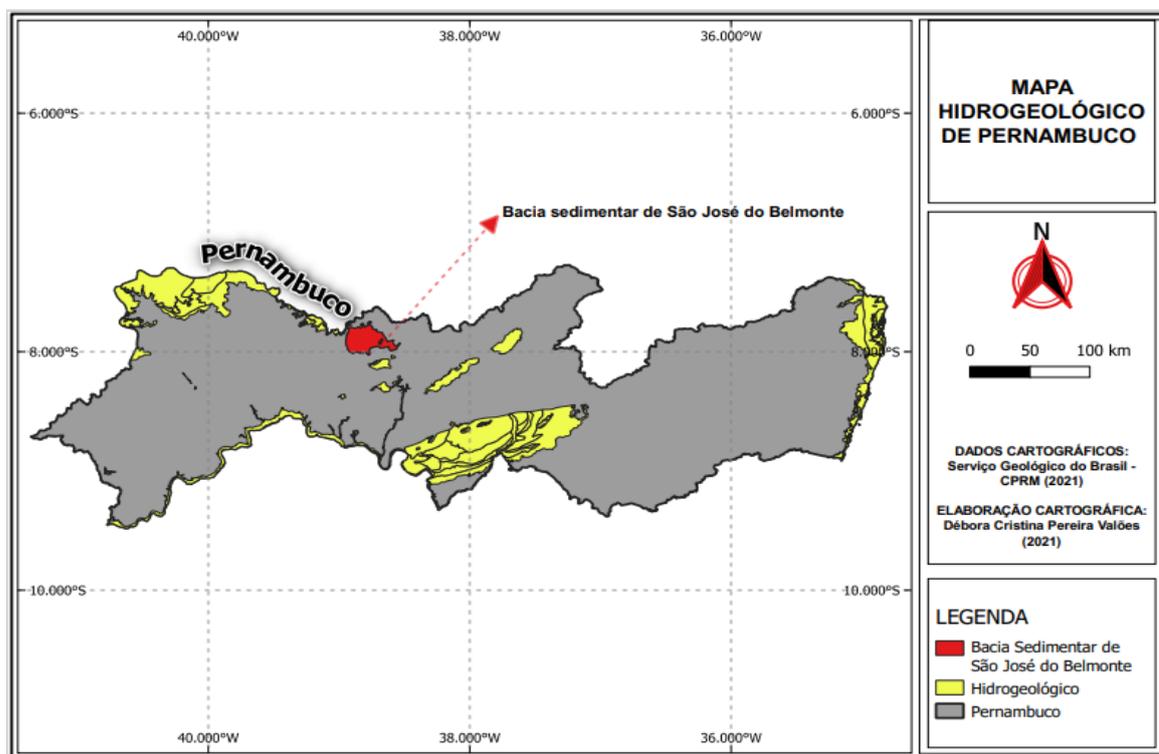
A área de estudo está geograficamente localizada no interior do Estado de Pernambuco. A bacia sedimentar de São José do Belmonte situada em sua maior parte no município de mesmo nome, hidrograficamente inserida na Bacia do Rio Pajeú e, parcialmente, na Bacia do Rio Terra Nova, pertencente à mesorregião do Sertão pernambucano. Sua área total corresponde acerca 775 Km², correspondendo a 5,7% da área sedimentar do estado de Pernambuco, sendo possível o acesso pela rodovia federal BR-232 e em seguida, pela rodovia estadual PE-420 (SÁ e MOURA, 2002).

O município de São José do Belmonte está inserido numa unidade geoambiental de depressão sertaneja, representante de uma paisagem típica do semiárido nordestino. O relevo da região é caracterizado basicamente por uma superfície de pediplanação monótona, com predominância suave-ondulada, devido a sua variação de semi-plano a ondulado, com ausência de grandes elevações, cortada por vales estreitos com vertentes dissecadas. Esses relevos isolados são fruto dos intensos processos de erosão presente em grande parte dessa área, de modo que parcela ao norte faz parte de uma unidade de bacias sedimentares. No domínio da bacia sedimentar, o relevo apresenta uma superfície com características alti-plana, representante desde a área centro-sul até o Oeste da região (COSTA *et al.*, 2006).

A bacia sedimentar de São José do Belmonte recebe o escoamento da bacia hidrográfica do Rio São Cristóvão, funcionando como seu principal sistema de drenagem, e constitui um importante afluente do Rio Pajeú. A mesma está inserida em quase todo território do Município, apresentando uma pequena parte no Município de Serra Talhada e Verdejante (SÁ E MOURA, 2002). Contudo, apesar da dificuldade de se obter maiores informações acerca do regime, da descarga anual e da disponibilidade de aproveitamento, devido à ausência de posto fluviométrico nesse rio, é observado um regime intermitente, escoando apenas durante o período chuvoso, como geralmente ocorre com a drenagem superficial da região semiárida do nordeste brasileiro (COSTA *et al.*, 2006).

A bacia está inserida na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, com relevo suave ondulado, cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas. A vegetação nativa da região é predominante de Caatinga hiperxerófila, típica do sertão, com trechos de Floresta Caducifólia. O período de chuva vai de novembro a abril, com uma precipitação média de 431,8 mm por ano. A área demonstra-se próspera para o cultivo, abrangendo desde a agricultura de subsistência até a agricultura comercial (CPRM, 2005). O mapa de localização da bacia sedimentar de São José do Belmonte está apresentado na Figura 11.

Figura 11- Localização da bacia sedimentar de São José do Belmonte.



Fonte: Elaborado pela autora, através do software *Qgis*.

3.1.1 Geologia e hidrogeologia da bacia sedimentar de Belmonte

Segundo Sá, Ferreira Neto e Sobrinho (2001), a bacia sedimentar de São José do Belmonte, possui três unidades geológicas diferentes, conhecidas como Formação Tacaratu, Formação Aliança, e Formação Sergi descritas a seguir:

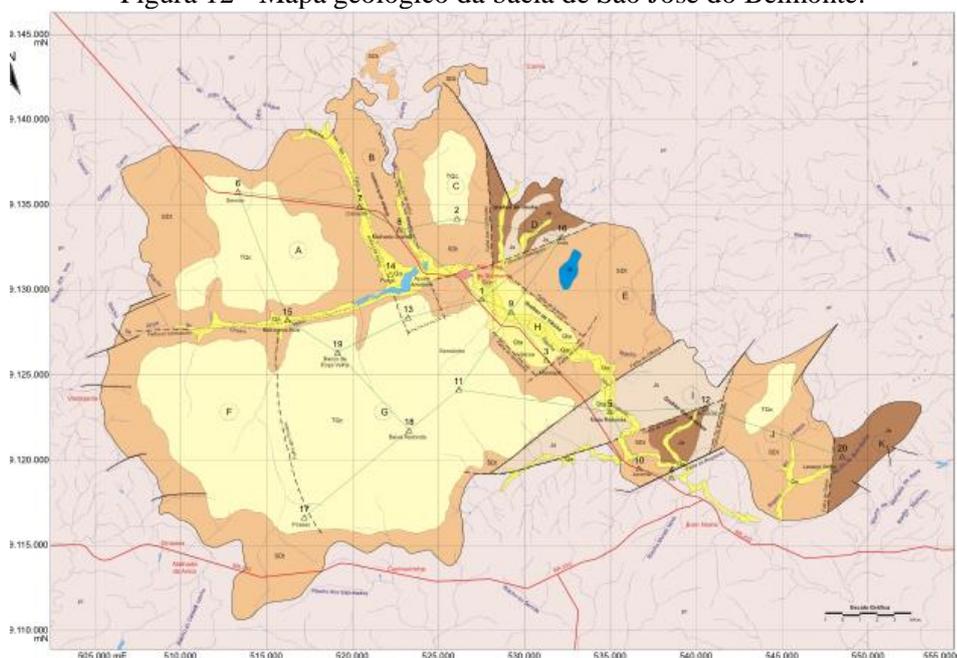
Formação Tacaratu: Coluna formada por arenitos médios, grosseiros a conglomeráticos, nas cores vermelho e amarelo. Está caracterizada litoestratigraficamente como de idade Siluro-Devoniana. Apesar da sua disposição pelo aquífero, essa formação apresenta algumas porções recristalizadas. Em certas regiões onde há grande potencial hidrogeológico, esta unidade comporta-se como embasamento cristalino, caracterizando poços de baixas vazões. Essa unidade é apresentada como sequencia basal na Bacia sedimentar do Jatobá e outras bacias menores como Fátima, Mirandiba e Tupanaci. Estabelece relações litologicamente com as formações/aquíferos Mauriti e Serra Grande, ambas pertencentes as Bacias Sedimentares do Araripe e Parnaíba.

Formação Aliança: Essa camada é posicionada na parte sudeste da bacia, formando pequenas manchas e litologicamente constituída por argilas, siltitos e arenitos finos, de coloração predominantemente vermelha a esverdeada. Possui uma extensão pequena (aproximadamente

20 Km²) e apresenta a função de “isolante” da formação Tacaratu, protegendo-a de possíveis contaminações

Formação Sergi: Datada do Jurássico, possui sua maior parte posicionada sobre o arenito Tacaratu e é formada por arenitos, predominantemente finos e com coloração avermelhada. Tem uma extensão de 23,1 Km², restringindo-se a “pequenas manchas” na porção sudeste da Bacia. Em relação a hidrologia da camada, ela permite que a infiltração, mesmo em pequena velocidade e intensidade, atinja o aquífero Tacaratu. Porém a condição é que abaixo dessa unidade não ocorram os pelitos da Formação Aliança. A coluna lito-estratigráfica da região está apresentada Figura 12.

Figura 12 - Mapa geológico da bacia de São José do Belmonte.



COLUNA LITO-ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE

IDADE		UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	LITOLÓGICA	LITOLOGIA
CE NO ZÓI CO	Quaternário	Aluviões (Qa), terraços aluviais (Qta) e leques	Qa	Areias, siltes, argilas e eventuais níveis conglomeráticos
			Qta	
	Terciário	Eluviões	TQc	Areias avermelhadas ou amareladas de granulação variável
ME SO ZÓI CO	Jurássico	Formação Sergi	Js	Arenitos cremes a avermelhados, grossos a finos c/intercal. de argila e silte
		Formação Aliança	Ja	Folhelho, argila e siltito amarronzado a esverdeado c/intercal. de arenitos
PA LEO ZÓI CO	Devoniano	Formação Inajá	Di	Arenitos cremes a avermelhados, grossos a finos c/intercal. de argila e silte
	Siluriano	Formação Tacaratu	SDt	Folhelho, argila e siltito amarronzado a esverdeado c/intercal. de arenitos
PRÉ-CAMBRIANO		Embasamento cristalino	pC	Metapelitos, xistos e grauvascas

Fonte: Costa *et al.*, (2006).

Em relação a hidrologia, é importante salientar que os arenitos da Formação Tacaratu dominam e constituem o principal aquífero da bacia, principalmente por dominância em área, maior espessura e por suas características hidrogeológicas favoráveis. O aquífero Tacaratu ocupa quase toda a bacia, sendo que 88% encontra-se na situação de aquífero livre e 12% semi-confinado devido as formações que lhe oculta, como as formações Inajá, Aliança e Sergi (COSTA; SANTOS; COSTA FILHO, 2006).

O estudo avaliou as reservas permanentes em $10,64.10^9$ m³, para o aquífero Tacaratu e em $0,26.10^9$ m³ para o aquífero Sergi. As reservas reguladoras foram avaliadas em $43,43.10^6$ m³/ano para o Tacaratu e $2,66.10^6$ m³/ano para o aquífero Sergi. Quanto a potencialidade, o Aquífero Tacaratu foi avaliado em $64,71 \times 10^6$ m³/ano enquanto para o aquífero Sergi ficou em $3,18 \times 10^6$ m³/ano. A disponibilidade instalada do Tacaratu é de $78,84 \times 10^6$ m³/ano enquanto no aquífero Sergi é apenas $0,21.10^6$ m³/ano. Já a disponibilidade do Tacaratu e Sergi é consequentemente $14,23 \times 10^6$ e $0,04 \times 10^6$. Os recursos exploráveis ficaram na ordem de $24,94.10^6$ para o Tacaratu e $1,54 \times 10^6$ m³ por ano para o aquífero Sergi (COSTA *et al.*, 2006).

A água é de boa qualidade no aquífero Tacaratu, mas na parte que a Formação Aliança recobre a Formação Tacaratu a água se torna salinizada, com teores entre 1.000 e 10.000 mg/L de sólidos totais. Esse fenômeno ocorre por conta da presença de sais na formação Aliança que contaminam a zona mais superior do aquífero Tacaratu, devido a poços mal construídos com revestimento parcial ou mesmo sem revestimento (COSTA; SANTOS; COSTA FILHO, 2006).

3.1.2 Zoneamento explorável da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte

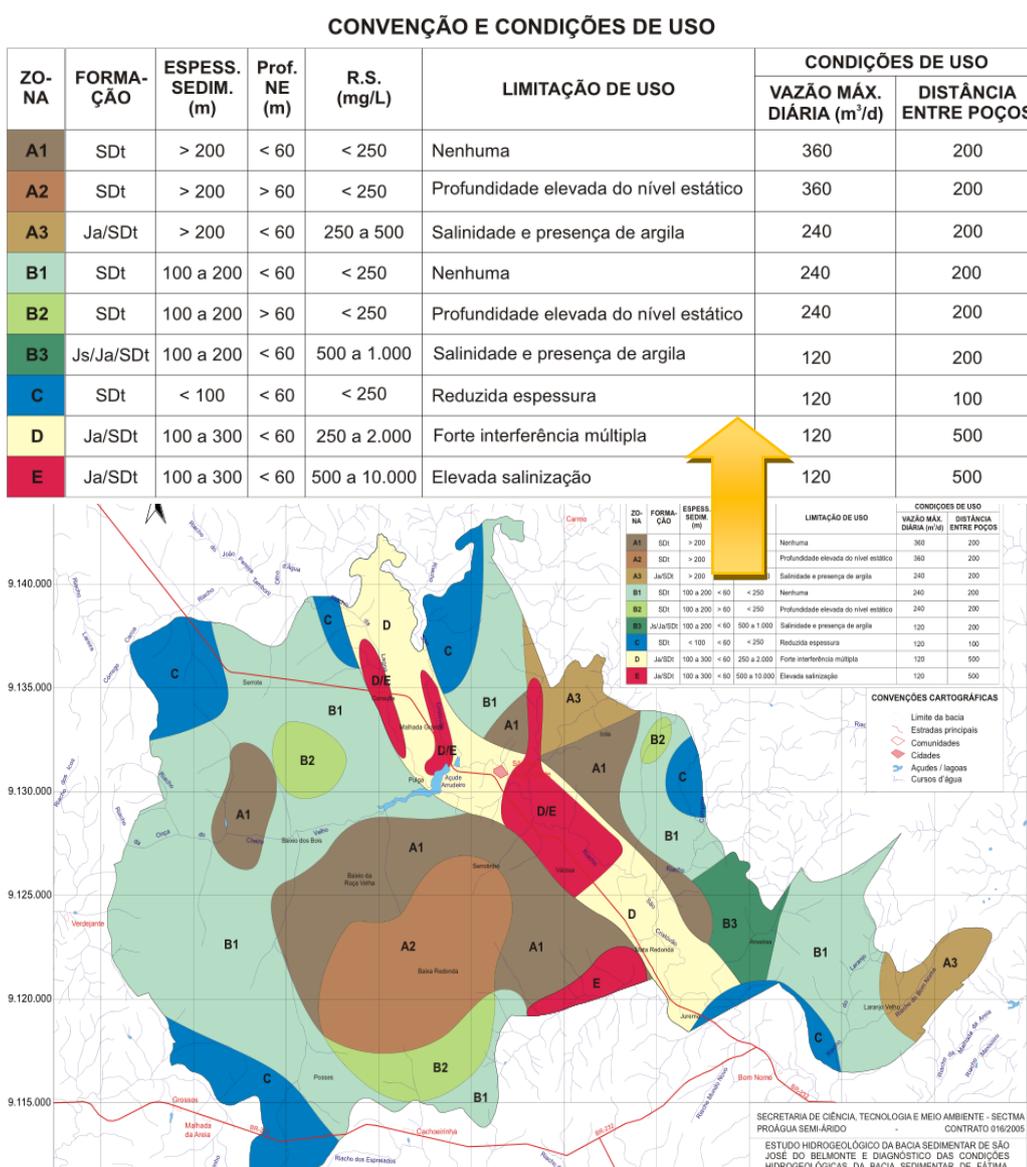
Segundo estudos feitos por Sá, Ferreira Neto e Sobrinho (2001), a Bacia Sedimentar de São José do Belmonte, necessitava de um intensivo gerenciamento de águas subterrâneas, principalmente na parte do Aquífero Tacaratu, em virtude da perfuração excessiva de poços. Houve então uma preocupação no fluxo subterrâneo da área menos explorada, para a mais explorada, por conta da convergência das linhas de fluxo e o esgotamento poderia demorar bastante a ser notado por conta da velocidade da água ser pequena.

O Estudo Hidrogeológico da Bacia de São José do Belmonte, realizado em 2006, resultou em um mapa de zoneamento explorável. Segundo Da Silva *et al.*, (2008) o mapa é um importante

instrumento de gestão, uma vez que os pleitos de outorga são autorizados de acordo com o limite estabelecido para cada área de restrição.

A Figura 13 apresenta cinco zonas principais, sendo que duas delas se desdobram em três (Zona A e Zona B). Além disso, no zoneamento também será apresentado as condições de uso de cada local, como por exemplo a vazão máxima diária a ser retirada do poço, distância mínima que deverá ser obedecida para perfuração, o período de formação e espessura do sedimento.

Figura 13- Mapa de zoneamento explorável da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte.



Fonte: Costa *et al.* (2006).

Para elaboração do Zoneamento foram levados em conta os seguintes elementos:

- Formações geológicas atravessadas;
- Espessura do pacote sedimentar;
- Profundidade do nível hidrostático (potenciométrico);
- Qualidade da água;
- Concentração de poços;
- Nível da exploração.

Dessa maneira as zonas ficaram designadas da seguinte forma:

- Zona “A”: Se subdivide em A1 que se caracteriza por possuir a profundidade do nível da água menor que 60 metros, enquanto a zona A2 possui o nível de água acima de 60 metros e finalmente a zona A3 que apresenta o nível da água inferior a 60 m.
- Zona “B”: Subdivide-se em B1, B2 e B3, com as características de A1, A2 e A3 respectivamente.
- Zona “C”: Situada nas bordas da bacia, possui espessura limitada, nível de água rasa, inferior a 60 m.
- Zona “D”: apresenta espessura que variam desde menos de 100 m a mais de 300 m.
- Zona “E”: Que possui as mesmas características geológicas da zona D.

Até o ano de 2006 o maior de poços do município localiza-se na Zona D, o que já acarretava sinais de depleção na reserva permanente do aquífero. A Zona E também foi classificada como de risco, e para as duas a distância mínima de perfuração recomendada é de 500 metros.

3.2 Levantamento e identificação de poços no Município

As informações apresentadas nessa pesquisa foram fornecidas pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), CPRM e dados coletados em campo. A APAC disponibilizou todo o Estudo Hidrogeológico na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte de 2006 via CD-ROM. Além dessas informações, a APAC também forneceu o número de outorgas realizadas no Município que serão apresentadas no capítulo dos resultados.

Procurou-se identificar quantas empresas de perfuração de poços haviam na região e se as mesmas poderiam fornecer mais dados para essa pesquisa. Infelizmente houve bastante

dificuldade nessa parte da coleta devido ao receio de compartilhar as informações e prejudicar clientes ou até sofrerem alguma penalidade pelo uso irregular da água subterrânea.

As visitas em campo foram realizadas nas regiões do Mapa de Zoneamento Explotável mais críticas (D e E), onde a distância mínima dos poços não poderia ser menos que 500 metros.

Além dessa ferramenta, procurou-se a população local para possível identificação de regiões com grande quantidade de poços. Após o levantamento de todos os pontos, algumas visitas foram feitas *in loco* para constatação e identificação de irregularidade.

3.3 Escolha dos poços e coleta de dados

O estudo hidrogeológico na bacia sedimentar de São José do Belmonte, contratado pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e meio Ambiente do estado de Pernambuco (SECTMA), realizado pela empresa COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda, no ano de 2006, cujo o resultado foi a elaboração do mapa de zoneamento explotável da bacia. No decorrer dos cinco meses, a empresa fez o levantamento de 920 poços, grande parte cadastrada no banco de dados do CPRM e outros 55 levantados em campo. Dos poços listados, foram escolhidos pela empresa os 100 mais representativos para realizar uma análise estatística do estudo hidrogeológico.

Para a presente pesquisa, foi selecionada uma amostra de 52 dos 100 poços utilizados por Costa e teve como critério de escolha a facilidade de acesso. A partir daí, foi medido o nível estático de cada poço com o aparelho de medição de nível d'água manual tipo elétrico. O equipamento possui sinal sonoro e luminoso com o fio em formato de trena com 200 metros de comprimento em espaços de meio metro.

As medições dos níveis d'água dos poços ocorreram nos meses de janeiro a março do ano de 2020. Solicitava-se ao proprietário do poço que desligasse a bomba no dia anterior à leitura, no período da tarde, realizando as medições durante a manhã. Os valores foram coletados a partir da cota do poço, ou seja, descontando a tubulação acima do terreno. O aparelho medidor utilizado na pesquisa é apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Medidor de nível d'água manual tipo elétrico.



Fonte: Autora.

Com a finalidade de facilitar a penetração do eletrodo do medidor (Figura 15) sem prender nos fios e tubulações da bomba, procurou-se diversas alternativas, como por exemplo eletrodutos de PVC tipo rígido e roscável. Quando o poço estava protegido com alguma estrutura (uma casinha com porta por exemplo) o uso dessas tubulações não era possível devido à dificuldade de acesso ao poço. Como solução, optou-se pela mangueira trançada de $\frac{3}{4}$ ' com 40 e 60 metros de comprimento por ser mais rígida e difícil de dobrar. Mesmo assim, na mesma foi introduzida um cano de PVC de 20 mm nos primeiros metros para garantir a verticalidade e evitar a dobra da mangueira como mostra a Figura 16.

Figura 15 - Eletrodo do medidor de nível d'água (popularmente conhecido como caneta).



Fonte: Autora.

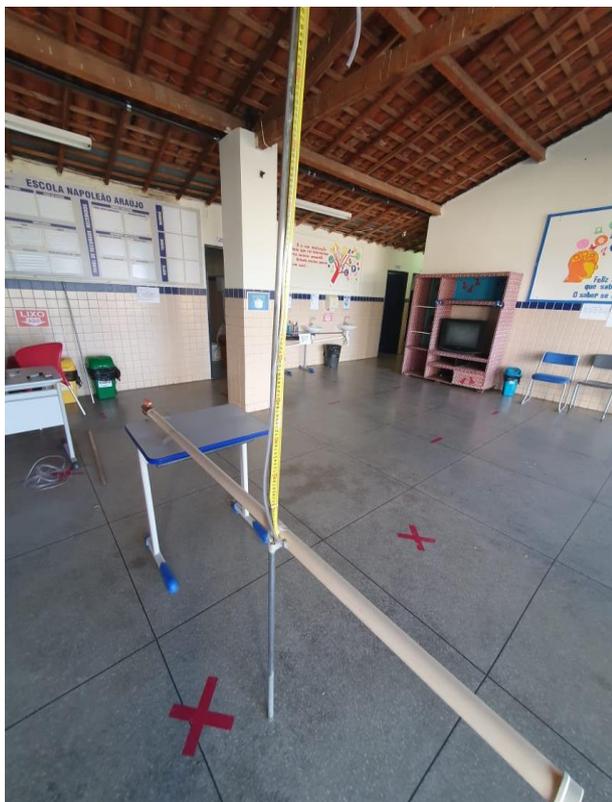
Figura 16- Mangueira trançada e tubo de PVC de 20 mm



Fonte: Autora.

Para o cálculo da vazão dos poços, confeccionou-se um escoadouro de orifício circular em PVC, cujo diâmetro do tubo de descarga escolhido é de 50 mm e o orifício com 40 mm (0,8 vezes o diâmetro maior) como mostra a Figura 17.

Figura 17- Escoadouro de orifício circular para medição de vazão em poços.



Fonte: Autora.

Também foram utilizados um registro tipo globo de 50 mm, um cap soldável de 50 mm, uma mangueira de nível para o piezômetro, trena, cola tipo durepoxi. Para a confecção do piezômetro, o cano foi furado bem na altura do centro, onde a mangueira foi instalada mantendo-se sem nenhuma saliência para o interior do tubo. Foi instalado um apoio para a trena e a mangueira fixado ao lado do tubo.

O orifício foi construído através do cap, utilizando uma serra copo de diâmetro de 40 mm, garantindo um furo bem centralizado com a medida desejada. Para chanfrar as bordas do cap em 45 graus, foi utilizado o durepoxi como mostra a Figura 18.

Figura 18- Orifício de 40 mm com a borda chanfrada com durepoxi.



Fonte: Autora.

Após a instalação do escoadouro no poço, foi medido a altura piezométrica da mangueira instalada na tubulação, para a realização do cálculo da vazão.

3.4 Elaboração e aplicação de um plano educacional nas escolas e associações de agricultores em São José do Belmonte

Com a finalidade de coletar dados para essa pesquisa, questionou-se a comunidade local sobre a situação das águas subterrâneas de São José do Belmonte. O que mais chamou atenção, foi o reconhecimento da perfuração excessiva dos poços e a desinformação a respeito da legislação por parte dos moradores do município. O Plano de Ação foi baseado na ideia de que não adianta realizar estudos só como uma fonte de dados. A proposta é formar multiplicadores, não só na época da pesquisa, mas jovens protagonistas e crianças que possam engajar essa luta, junto com professores e gestores, que deverão anualmente, ter esse aspecto focado no projeto político pedagógico escolar. Por outro lado, as associações de agricultores, podem constituir-se fortes aliados da multiplicação, através da lida com a água e a terra.

Nos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), é possível observar uma reflexão epistemológica para subsidiar o trabalho dos professores acerca da educação ambiental nas escolas. Com base não em conceitos científicos abstratos, mas na realidade, no conhecimento

prévio de cada aluno e tornando-o consciente que o seu comportamento em sociedade pode acarretar sérios problemas à natureza:

Os alunos podem ter nota 10 nas provas, mas ainda assim, jogar lixo na rua, pescar peixes-fêmeas prontas para reproduzir, atear fogo no mato indiscriminadamente ou realizar outro tipo de ação danosa seja por não perceberem a extensão dessas ações ou por não se sentirem responsáveis pelo mundo em que vivem (BRASIL, 2001).

A Lei referente à Política Nacional de Educação Ambiental 9.795/99 (BRASIL, 1999) estabelece que a educação ambiental deve estar presente e de forma articulada em todos os níveis e modalidades de ensino. Assim sendo, a escola é o lugar por excelência que deve mediar a educação ambiental na direção do desenvolvimento sustentável. Para trabalhar a sustentabilidade na escola, é importante o envolvimento do aluno tanto no nível teórico, quanto na prática. Portanto, realizar ações sustentáveis é um bom caminho, engajar a todos, para que desenvolvam uma mentalidade crítica sobre o uso dos recursos naturais e o relacionamento com o meio ambiente. Para isso, as escolas deverão desenvolver projetos simples (mais efetivos), que proponham realizar ações sustentáveis.

É essencial tratar a Educação Ambiental, a começar das Instituições de Ensino como a grande promotora de democracia e desenvolvimento da cidadania. Não podemos exigir dos que não sabem utilizar os recursos naturais, comportamentos padrões compatíveis com os que têm determinado grau de esclarecimento ou os que mercantilizam a natureza como forma de enriquecer ou beneficiar a minoria. Podemos citar a produção de cartilhas autorais de educação ambiental nas escolas do Projeto Águas de Areia (FARIAS, *et al.*, 2016), com a finalidade de integrar ações de produção e difusão de conhecimentos técnicos- científicos e a ações de sensibilização e mobilidade social. A experiência foi realizada em onze escolas do agreste pernambucano, precisamente na região do Alto do Capibaribe, mostrando e discutindo a importância da educação ambiental nas escolas.

O tema escolhido para o projeto foi: “Águas Subterrâneas: Um Patrimônio Belmontense”, com a finalidade de apresentar as autoridades de São José do Belmonte, assim como as crianças e adolescentes das escolas estaduais e municipais, ampla visão da importância da riqueza da água existentes no subsolo do município, alertando para o fato que a busca desenfreada por esse líquido precioso pode colocar em risco a sua existência, visto não serem consideradas as disposições legais para sua aquisição. E a ausência de práticas de proteção e sustentabilidade estão agravando cada vez mais a situação.

3.4.1 Plano de ação nas associações de agricultores

O primeiro passo do plano de ação educacional foi levar à Secretaria de Agricultura o conteúdo dessa pesquisa e com isso, estabelecer debates e reflexões acerca da situação em que os recursos hídricos subterrâneos se encontram. O ponto chave foi justamente reunir-se com o secretário de agricultura e representantes das associações, com a finalidade de traçar estratégias de conscientização aos associados, levando em conta que as perfurações sem controle poderão afetar seriamente o lençol subterrâneo belmontense. Os objetivos de aplicação do plano para a secretaria de agricultura foram:

- Chamar Atenção para os riscos de contaminação do lençol subterrâneo por falta de proteção adequada aos poços, como também pelo uso de agrotóxicos e fertilizantes.
- Agendar palestra com os representantes das associações de agricultores do município sobre o tema deste trabalho.
- Sugerir a Secretaria de Agricultura que convide algum representante da APAC e CPRH, com a finalidade de participar de debates acerca das condições de exploração da bacia sedimentar.

O encontro seria marcado no dia 22 de março de 2020, dia mundial da água, porém, devido a pandemia do novo Corona-vírus (SARS-COV-2), só foi possível a realização da palestra no dia 30 de agosto de 2020. Após reunião, avaliou-se a ação realizada através de questionários aplicados com os representantes das associações, verificando-se os pontos positivos e negativos em relação ao conteúdo repassado. O modelo do questionário (Quadro 1) foi disponibilizado para cada associação, com a finalidade de que cada representante, repassasse todo o conteúdo abordado em reunião.

Quadro 1- Questionário realizado com os representantes das associações de agricultores de São José do Belmonte.

1- MARQUE COM UM X TUDO QUE PODE CONTAMINAR A ÁGUA DO POÇO:		
		
LIXO ()	AGROTÓXICO ()	ÁGUA DA CHUVA ()
2- MARQUE COM UM X O ORGÃO GESTOR DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM PERNAMBUCO:		
APAC ()	CPRH ()	PREFEITURA ()
3- MARQUE COM UM X O QUE É PRECISO PARA PERFURAR UM POÇO:		
<input type="checkbox"/> VERIFICAR A DISTÂNCIA DO POÇO VIZINHO		
<input type="checkbox"/> AUTORIZAÇÃO (OUTORGA)		
<input type="checkbox"/> FAZER CADASTRO NA PREFEITURA		

Fonte: Autora.

3.4.2 Plano de ação secretaria de educação

A primeira parte do plano educacional foi apresentar os objetivos dessa pesquisa, junto a equipe da Secretaria de Educação, inclusive aos gestores, coordenadores municipais, estendendo convite e também as três escolas da Rede Estadual. O foco principal foi promover discussões sobre o tema abordado e coletar ideias que pudessem agregar ao plano de ação nas escolas. Na reunião, ocorrida no mês fevereiro de 2020, a secretaria de educação abraçou a ideia junto a duas das três escolas estaduais de Belmonte. Os objetivos traçados no encontro foram:

- Propor a princípio um projeto que possa enaltecer as comemorações do Dia Mundial da Água (22 de março de 2020), realizando uma semana de atividade nas escolas.
- Os educadores realizarem atividades pedagógicas de acordo com as faixas etária dos alunos e produzir um dia especial de conscientização na comunidade escolar.
- Avaliar as ações realizadas no ambiente escolar, através de questionários para os alunos, avaliando as vivências no âmbito escolar acerca do tema, verificando os pontos positivos e negativos.

- Ver as propostas e agendamento de ações que ocorrerão ao longo do ano nas escolas, porque o trabalho de conscientização não poderá resumir-se a uma semana, mas deve prolongar-se por todo ano letivo.

3.4.3 Sugestão de Atividades nas Escolas

Algumas atividades que seriam aplicadas na semana do dia mundial da água (22 de março de 2020), devido a pandemia do Corona-vírus (SARS-COV-2), só puderam ser realizadas do dia 8 ao dia 12 de fevereiro de 2021. Os questionários foram elaborados a partir dos livros didáticos dos alunos do ensino fundamental e médio. Para cada dia da semana foram programadas as seguintes tarefas:

No primeiro dia, deverá ser apresentado ao aluno, textos nos próprios livros dos alunos que mostram a distribuição da água no planeta.

Sugestão (Texto 1): “As necessidades humanas de água” (TRIVELLATO *et al.*, 2009).

Como complemento, vídeos educativos disponíveis no canal da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) deverão ser repassados aos alunos. Os temas abordados serão a distribuição da água no planeta, economia de água nas atividades domésticas e na agricultura, além de reaproveitamento de água. Sugerir ao professor de ciências trabalhar a música “Planeta água” e discutir com os alunos.

No segundo dia, deverá ser realizado um debate sobre o vídeo “Carta escrita no ano de 2070” localizado na Plataforma *YouTube*. Os alunos deverão produzir desenhos, dramatizações ou paródias sobre o que entenderam sobre o vídeo (oficinas diversificadas por grupos).

No terceiro dia, deverá ser trabalho a importância da água subterrânea. Como sugestão, o texto “Águas Subterrâneas: Os Aquíferos”, “Distribuição dos aquíferos brasileiros” e “Uso de fertilizantes e a contaminação das águas” (TRIVELLATO *et al.*, 2015).

Apresentação do vídeo ilustrativo com o significado de aquífero, no canal do *You Tube* da ANA. Logo em seguida, responder perguntas sobre o vídeo.

No quarto dia, apresentar aos alunos, slides sobre a bacia sedimentar de São José do Belmonte, mostrando a exploração de água subterrânea e como é feita a gestão de recursos hídricos no município.

No quinto e último dia, realizar apresentações dos trabalhos desenvolvidos durante a semana. Como sugestão, deverá ser feito panfletagens com os alunos na comunidade, explicando a importância da água.

O critério de avaliação para as atividades citadas acima, foi um questionário respondido pelos alunos no quinto dia, cujas perguntas são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2- Questionário aplicado com os alunos das escolas de São José do Belmonte.

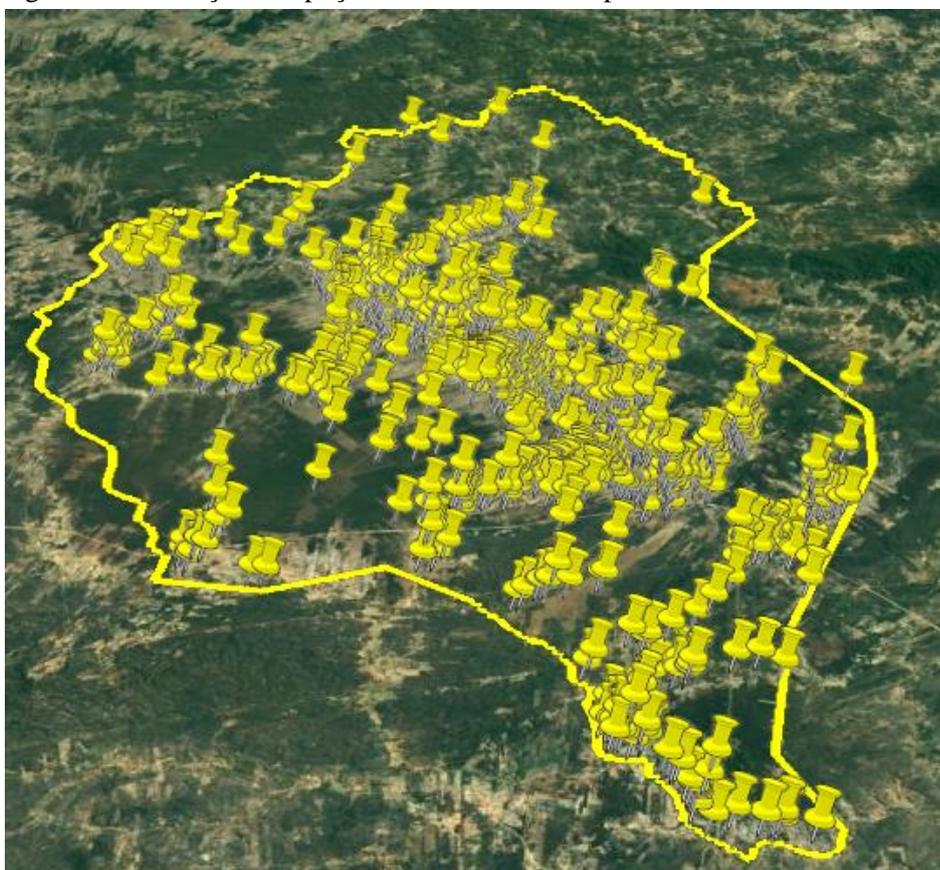
1- Cite as Medidas que poderiam ajudar na conservação da água doce no seu Município.
2- Pesquise de onde vem a água utilizada em sua residência.
3- Em relação aos Fertilizantes colocados no solo: <input type="checkbox"/> Com a lavagem do solo as substâncias são levadas para o lençol subterrâneo. <input type="checkbox"/> Ao contaminar a água poderá causar doenças como anemia. <input type="checkbox"/> Pode aumentar a quantidade de algas nos rios. <input type="checkbox"/> Poderá matar os peixes pela falta de oxigenação da água devido ao aumento das algas.
4- Discuta a contaminação das águas subterrâneas para a população rural e urbana: <input type="checkbox"/> Poderão ter problemas de saúde. <input type="checkbox"/> Poderão ficar sem água potável. <input type="checkbox"/> O poço aberto poderá comprometer a água de todos que utilizam a água do aquífero.

Fonte: Autora.

4 RESULTADOS

Com a finalidade de identificar se houve alguma atualização após o estudo de 2006, foi consultada a base de dados SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) do CPRM, contabilizando 1756 poços para o ano de 2019 com várias informações. Em seguida, elaborou-se um mapa pelo *software* Google Earth Pro através das coordenadas geográficas coletadas com a identificação do local de cada um como Figura 19. Foi realizada uma nova busca para o ano de 2021, encontrando-se um valor de 1758 poços.

Figura 19- Marcação dos poços do SIAGAS no mapa de São José do Belmonte.



Fonte: Elaborado pela autora através do Google Earth Pro (2021).

Durante conversas com os proprietários de máquinas perfuradoras do município de São José do Belmonte, foi possível estimar um número maior de poços na região. São perfurados, segundo eles, três poços por mês. Adotando-se como cálculo, que cada empresário tenha no mínimo uma máquina, estima-se que São José do Belmonte tenha quase quatro mil poços perfurados, levando em consideração uma média de 10 anos de perfuração pelas 11 empresas.

A empresa B que trabalha na localidade há mais de doze anos, afirmou que pela sua experiência, a região tenha em torno de oito mil poços. O número de poços informados pelos empresários entrevistados entre 2006 e 2019 estão na Tabela 1.

Tabela 1- Quantidade de poços perfurados após 2006.

<i>Empresa</i>	<i>Nº de Poços</i>	<i>Ano da Perfuração</i>
Prefeitura Municipal	77	2007 a 2019
Empresa A	37	2018 a 2019
Empresa B	20	2019
Empresa C	81	2016 a 2019
<i>Total</i>	<i>215</i>	

Fonte: Autora.

Como podemos observar, pelo valor de 215 poços informados, houve a tentativa de camuflar os dados. Isso ocorreu devido ao receio de prejudicar algum cliente, ou que sofra alguma penalidade devido ao uso desordenado da água subterrânea. Foram localizadas 11 empresas, mas apenas 4 responderam os questionamentos. A única empresa que realiza o teste de vazão é a B, mas para isso é cobrado um valor por fora da perfuração e geralmente o cliente não o faz por conta do gasto extra, que gira em torno de R\$ 500. Algumas nem sequer registram a quantidade de poços que perfuram durante os anos. A Prefeitura Municipal de São José do Belmonte foi o único órgão que apresentou o relatório de perfuração (ANEXO A), a fim de retirar o Termo de Servidão Pública, mas sem preocupação em realizar o teste de vazão, ou solicitação de outorga para o uso da água.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de máquinas perfuradoras e o número de empresas que realizam esse serviço na região. A grande maioria delas não possuem CNPJ e não se preocupam em descrever o material atravessado e, nem sequer elaboram relatórios sobre as características dos poços, o que poderá dificultar estudos futuros. Na Tabela 2 é possível observar o excesso de máquinas trabalhando no Município, muitas delas com baixa capacidade técnica e sem os devidos cuidados ambientais.

Tabela 2- Empresas e máquinas perfuradoras de poços em São José do Belmonte (2021).

<i>Empresa de perfuração de poços tubulares</i>	<i>Número de máquinas</i>	<i>Tipo de máquina</i>
PREFEITURA	1	Percussora
EMPRESA A	1	Rotativa
EMPRESA B	4	2 Percussora 2 Rotativa
EMPRESA C	2	Percussora
EMPRESA D	2	Percussora
EMPRESA E	1	Percussora
EMPRESA F	1	Percussora
EMPRESA G	1	Percussora
EMPRESA H	1	Percussora
EMPRESA I	1	Percussora
EMPRESA J	1	Percussora
Total	16	

Fonte: Autora.

Como visto anteriormente, a formação geológica de São José do Belmonte facilita a perfuração de poços até mesmo por máquinas mais simples. A capacidade de escavação das perfuratrizes no município é de 300 metros para a percussora e 250 para as rotativas. Devido as ferramentas disponíveis, a média de escavação é de 180 a 250 metros para a percussora e de 100 a 180 metros para a roto pneumática. A Figura 20 apresenta uma das máquinas rotativas do município, pertencente a empresa A, perfurando um poço na zona rural de São José do Belmonte.

Figura 20- Máquina roto pneumática tipo Pmx250, compressor Elgi 900/200 com capacidade de perfuração de 250 metros, perfurando um poço em São José do Belmonte.



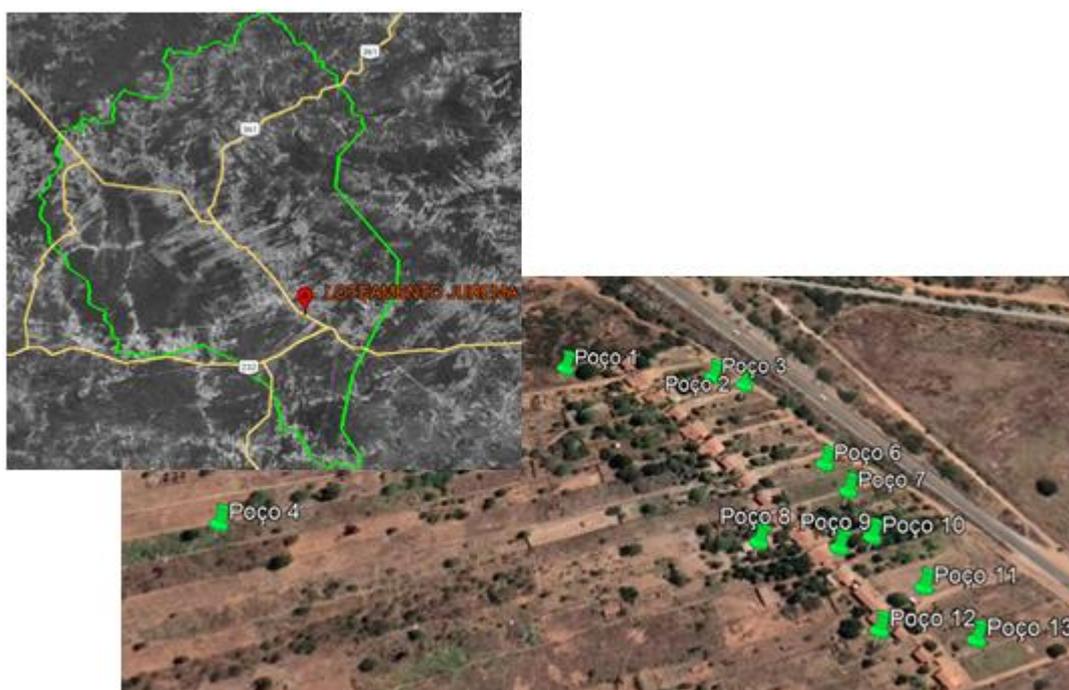
Fonte: Autora.

4.1 Identificação de irregularidades de captura de água subterrânea em campo

Através de pesquisas junto à Secretaria de Agricultura e de algumas pessoas do Município comprometidas em fornecer informações, foi possível identificar algumas irregularidades durante o desenvolvimento deste trabalho. Em quase todas as propriedades visitadas, existiam poços não cadastrados e perfurados sem nenhum tipo de respeito ao mapa de zoneamento explotável do Município. Foram visitados cerca de 30 poços entre a zona rural da Jurema e sítio Gama, que não constavam em nenhum banco de dados. O caso que mais chamou atenção foi do Loteamento Jurema, zona rural do município, nas proximidades do distrito do Bom Nome. Localizou-se 18 residências, distribuídas em lotes de aproximadamente 0,80 hectare, doados pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Foram apontados no local 13 poços com profundidade média de 70 metros, conforme a Figura 21, praticamente um ao lado do outro, sem respeitar a distância mínima identificada no zoneamento (varia entre 100 e 500 metros) e sem pedido de outorga.

O primeiro poço foi escavado no ano de 2005 e abastecia todos os lotes, mas atualmente o mesmo está bombeando pouca água. O recurso é utilizado principalmente para o consumo humano, criação de animais, plantação de fruteiras e capim.

Figura 21- Imagem satélite do Loteamento Jurema, no município de São José do Belmonte.



Fonte: Elaborado pela Autora a partir do *Google Earth* (2019).

Os moradores da região, são hipossuficientes de recursos financeiros, e por essas condições não tem recursos financeiros para escavação de poços. Logo, as perfurações de lá são resultantes de ajuda política. Alguns proprietários não têm condições de comprar os equipamentos para fazer a ligação do poço ao reservatório em sua residência, e acabam deixando o poço aberto, sem proteção, sujeito a contaminação do aquífero (Figura 22).

Figura 22- Poço nº 13, sem proteção e sistema de bombeamento no Loteamento Jurema.



Fonte: Autora (2020).

A Figura 23 exibe dois poços em uma mesma propriedade, o primeiro (Poço 02) não deu água, e o segundo (Poço 03) era usado, mas com o passar do tempo secou por conta da perfuração excessiva e exploração da água subterrânea na região. O morador do lote teve o cuidado de proteger o poço 3, mas quando a água secou, o proprietário o abandonou.

Figura 23- Poços muito próximos em uma mesma propriedade, no Loteamento Jurema.



Fonte: Autora.

A região apresentada está inserida na Zona C e na Zona D, de acordo com o zoneamento explorável do município (Figura 24). A distância mínima estabelecida entre as perfurações seria de 100 metros para a Zona C e 500 metros para a Zona D, mas infelizmente a distância média de longitude entre os poços da localidade é de 20 metros, o que comprova a ausência da fiscalização do órgão gestor na região. Na Figura 24, observa-se o primeiro poço da região, de acordo com os moradores.

Figura 24- Primeiro poço (nº 4) perfurado na região no ano de 2004.



Fonte: Autora.

As Figura 25 e Figura 26 são de poços (nº 09 e 10 respectivamente) de propriedades vizinhas com aproximadamente 20 metros de distância um do outro.

Figura 25- Poço nº 9 do Loteamento Jurema, localizado bem próximo ao poço nº 10.



Fonte: Autora.

Figura 26- Poço n° 10 do Loteamento Jurema, localizado próximo ao poço n° 9.



Fonte: Autora.

Um fator que chamou bastante atenção, foi o modo como alguns poços cadastrados no SIAGAS e citados no estudo hidrogeológico de 2006 foram encontrados. Completamente desprotegidos, com aparência de abandono (Figuras 27 e 28). Os que estavam cobertos com uma estrutura, apresentavam ao seu redor cheio de lixo, entulho, ou então com o espaço servindo de depósito de diversos materiais agrários.

Figura 27- Poço 284 (a) e 285 (b).



(a)



(b)

Fonte: Autora.

Figura 28 - Poço nº 379(a) e 554(b)



Fonte: Autora.

Outra irregularidade observada foi referente ao poço de número 676 (Figura 29), localizado no Sítio Caneta. O mesmo foi perfurado pela prefeitura e é de uso coletivo. Por esse motivo a bomba permanecia ligada por 24 horas, sem nenhuma pausa. Ao chegar no local encontramos também o desperdício de água devido as condições das tubulações ligadas a bomba, segundo informações dos moradores o fluido escoava constantemente. A comunidade concordou em desligar a bomba por dois dias para que o nível estático fosse medido sem nenhuma alteração.

Figura 29-Poço 676 de uso coletivo, no Sítio Caneta.



Fonte: Autora.

4.2 Outorga para uso da água em São José do Belmonte

O órgão gestor de recursos hídricos (APAC) foi consultado a respeito do número de outorgas realizadas nos poços em São José do Belmonte. De acordo com o material recebido, cadastrado na APAC até 2021, pode-se destacar que: os 4 poços outorgados (Tabela 3) são de empresas de comercialização de água mineral. Há uma preocupação no pedido da outorga porque o empresário é cobrado pela Secretaria da Fazenda de Pernambuco (SEFAZ/PE), responsável pelo controle da procedência da água comercializada.

Tabela 3- Outorga para uso da água subterrânea em São José do Belmonte - Junho/2021

<i>Processo APAC</i>	<i>Finalidade de uso</i>	<i>Vazão outorgada (m³/dia)</i>	<i>Emissão</i>	<i>Vencimento</i>
8035-P/19	INDÚSTRIA	1392	03/11/2020	03/11/2025
4877-P/10	OUTRAS	200	02/03/2021	02/03/2023
7675-P/18	OUTRAS	100	11/05/2021	11/05/2026
8648-P/21	INDÚSTRIA	50	25/06/2021	25/06/2026

Fonte: APAC (2021).

É necessário destacar que o número de outorgas não é tão importante quanto o valor da vazão outorgada, já que o último possibilita uma distribuição justa e adequada da água entre os interessados. Comparando-se a pequena quantidade de usuários que requerem a regularização do poço junto ao órgão gestor com o número de cadastro feito pelo SIAGAS (1758 poços), é possível afirmar que os instrumentos usados na administração dos recursos hídricos não estão sendo eficientes para a preservação da água subterrânea do município.

4.3 Uso da água em São José do Belmonte

Aproximadamente um terço dos poços cadastrados no SIAGAS (atualização mensal) possuem informações sobre o tipo de uso que está sendo feito da água dos mesmos. Das outras partes não foi possível a localização. Observa-se na Tabela 4 que metade dos poços são utilizados para o abastecimento rural, sendo que 20,35% é utilizado simultaneamente para uso doméstico e irrigação 8,55% para o uso doméstico/irrigação/animal e 8,26% exclusivamente para irrigação. Somando a porcentagem do abastecimento animal e pecuária com os apresentados anteriormente, conclui-se que 52,17% dos poços são utilizados para fins rurais.

Tabela 4- Uso da água em São José do Belmonte, pelos dados do SIAGAS.

Tipo de Uso	nº de poços	%
Abastecimento Doméstico	133	19,27%
Abastecimento Animal	97	14,06%
Doméstico/Irrigação	140	20,29%
Industrial	9	1,31%
Múltiplo	20	2,90%
Abastecimento Urbano	166	24,06%
Doméstico/Irrigação/Animal	59	8,55%
Irrigação	57	8,26%
Outro	2	0,29%
Pecuária	7	1,01%
Total	690	

Fonte: SIAGAS (2021).

Existem relatos no estudo hidrogeológico realizado em 2006, que dos 920 poços cadastrados, 253 poços estavam desativados. Observou-se nas visitas em campo, uma maior quantidade de poços na zona rural. A água dos poços utilizados nessa pesquisa, era utilizada em pequenas criações de animais, irrigação do cultivo de frutas e verduras e consumo humano.

4.4 Nível estático e vazão em poços de São José do Belmonte

Dos 100 poços utilizados no estudo hidrogeológico em 2006, foram escolhidos 52 para realizar uma atualização do nível estático e avaliar suas condições em relação a exploração da água. O critério de escolha foi a facilidade de acesso aos poços. Dos 52, um total de 6 estavam desativados por entupimento ou porque não era mais possível a coleta de água, porque encontravam-se secos. O resultado será apresentado na Tabela 5.

Tabela 5- Nível estático e vazão dos poços em estudo.

(Continua)

	Nº do Poço	Ano de Perfuração	Localidade	Coordenadas		Características do Poço (m)					Vazão m ³ /h		
				S	W	Prof.	Nível est. na Perfuração	Nível est. (2006)	Nível est. (2020)	Observações	Vazão	Vazão medida em 2006	Vazão (2021)
1	282	1996	Jurema	9.120.535	537.993	112	5,5		10	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
2	285	1992	Jurema	9.119.861	536.492	80	2		12	Poço sem bomba	10	Não informado	
3	283	1988	Jurema	9.120.230	535.666	63	8,72	4,58	20	Bomba sub.	1,32	Não informado	
4	306	1994	Jurema	9.120.041	536.935	149	5		14,5	Bomba sub.	40	Não informado	
5	554	1988	Sede	9.129.384	527.309	106	10,1	29,63	11,5	Poço desativado	6,86	3	
6	577	2005	Sede	9.130.588	526.453	110	25	23	11,5	Poço desativado	16	Não informado	
7	575	2001	Sede	9.130.714	525.887	130	42		30,5	Bomba sub.	18,5		
8	297		Jurema	9.119.891	536.063	130	7,1		23	Bomba sub.	17	Não informado	
9	334	1994	Luiz Pereira	9.120.660	535.237	96	16,2	15,2	21	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
10	377	1988	Faz. Nova	9.125.331	531.750	150	6		18	Bomba sub.	40	Não informado	
11	378	1984	Faz. Nova	9.126.098	532.608	200	12	21,6	24	Bomba sub.	20	Não informado	9,04
12	379		Faz. Nova	9.126.312	533.160	227	6,5	5,7	6,5	Poço desativado	40	Não informado	
13	380		Faz. Nova	9.126.281	533.496	200	8		14,5	Bomba sub.	30	Não informado	
14	382		Faz. Nova	9.127.012	534.048	200	15	13,8	13	Poço desativado	Não informado	Não informado	
15	670		Sit. Caneta	9.121.950	535.759	55	10	8,88	20	Bomba sub.	22	6	
16	671		Sit. Caneta	9.121.950	535.759	65	10		20	Bomba sub.	36	Não informado	
17	678	1996	Sit. Caneta	9.122.133	536.494	85	5,88		16,5	Bomba sub.	16	Não informado	
18	673		Sit. Caneta	9.122.287	536.769	100	6		16	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
19	676	1994	Sit. Caneta	9.122.717	536.525	60	12		20	Prefeitura	Não informado	Não informado	
20	836	1994	Sit. Caneta	9.122.865	536.579	100	Não informado	12	35	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
21	818		Sit. Caneta	9.124.041	530.923	60		13	18	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
22	675		Sit. Caneta	9.122.348	536.494	100	6,5		20	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
23	24	1995	Arrudeio	9.130.894	524.221	120	8,5	11,3	25,5	Bomba sub.	25	Não informado	14,58
24	351		Malhada	9.132.399	522.967	80	6,75		24	Bomba sub.	18,2	Não informado	
25	352		Malhada	9.131.907	523.916	130	6	17,9	27	Bomba sub.	30	Não informado	

Tabela 6- Nível estático e vazão dos poços em estudo.

(Conclusão)

26	354		Malhada	9.132.085	523.937	80	4		26	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
27	526	1967	Faz. Veneza	9.127.051	530.772	81	7		24	Bomba sub.	40	Não informado	
28	533		Faz. Veneza	9.131.679	524.267	110	7	14,62	24,5	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
29	4	Não informado	Baixio Jatobá	9.131.052	510.717	150	Não informado	40,3	36	Bomba sub.	2,4	Não informado	
30	30	Não informado	Faz. Arrudeio	9.131.449	523.327	60	Não informado	6	10	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
31	70	Não informado	Faz Baixa Verde	9.124.914	541.765	55	Não informado	4,5	12	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
32	46	Não informado	Areinhas	9.132.729	535.026	180		65		Poço secou	Não informado	Não informado	
33	48	1999	Areinhas	9.132.372	535.304	116		78,45		Poço secou	Não informado	2,31	desativado
34	189	Não informado	Faz. Contendas	9.132.767	529.097	100		14,54	24	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
35	191	Não informado	Faz. Contendas	9.132.921	528.439	100		17,42		Poço secou	Não informado		8 desativado
36	256	1999	Faz. Ipueiras	9.128.198	527.808	125	Não informado	12	30	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
37	301	Não informado	Faz. Jurema	9.119.507	536.531	83	Não informado	25,1	35	Bomba sub.	Não informado	9	7,85
38	363	1998	Faz. Massapé	9.125.484	531.597	200	11,4	13,65	16	Bomba sub.	Não informado	35	Erro durante a medição
39	372	1989	Faz. Mosquito	9.124.604	537.549	102	56	54,5	62	Bomba sub.	1,26	Não informado	
40	393	Não informado	Fazenda Nova V	9.127.012	532.838	150	Não informado	22,9	26	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
41	566	Não informado	Sede	9.131.230	526.202	40		18,72		Poço entupido	Não informado	Não informado	
42	592	2002	Aroeira de Baixo	9.123.023	540.217	140		6,77	35	Bomba sub.	Não informado	24	8,03
43	595	Não informado	Aroeira de cima	9.123.649	540.983	100	Não informado	10,35	40	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
44	606	Não informado	Sítio Arroz	9.140.420	526.094	60	Não informado	1,7	8	Bomba sub.	Não informado	21,5	
45	635	1997	Sit.Barreiros	9.119.573	530.415	126	Não informado	12,84	21	Bomba sub.		18	Não informado
46	639	1995	Sit. Barreiros	9.119.405	529.300	175	6	18,19	23,5	Bomba sub.		22	20.57
47	714	Não informado	Sit. Cipó	9.127.899	537.585	105	Não informado	16,5	40	Bomba sub.		24	Não informado
48	718	Não informado	Sit. Cipó	9.126.825	536.864	85	Não informado	13,6	22	Bomba sub.	Não informado	Não informado	
49	784	1998	Sit. Lagoa da Extrema	9.134.619	521.678	150	Não informado	37,12	48		Não informado	Não informado	
50	910	2002	Viramão	9.137.600	524.307	115	Não informado	38	60		Não informado	Não informado	
51	918	Não informado	Viramão	9.137.331	522.013	50	Não informado	8		desativado	Não informado	Não informado	
52	677	Não informado	Sit. Caneta	9.122.594	536.586	52	8			entupido		16	Não informado

Fonte: Autora.

Foi possível observar grande variação no nível estático dos poços entre o ano de 2006 até 2020, como por exemplo o poço número 24, como nível estático para 2006 de 11,3 metros e em 2020 25,5, uma diferença de 14,2 metros. Isso significa que o nível desce 98 centímetros por ano aproximadamente. Se analisarmos o nível do poço no ano de perfuração (8,5 metros) e o nível em 2006 (11,3 metros), o total será 2,8 metros de rebaixamento em 11 anos. Comparado esse valor com os 14,2 metros em 14 anos medidos após o estudo, podemos concluir que a exploração no aquífero nessa região está acentuando. Em alguns poços, foi possível observar uma ascensão do nível após as medições em 2006. Isso aconteceu porque os poços estavam desativados ou não era usado e conseqüentemente houve uma recuperação do seu nível estático como mostra o poço de número 554 com a medida em 2006 de 29,63 e para 2021 valor de 11,5 metros.

Várias foram as dificuldades encontradas para o levantamento do nível estático dos poços (Figura 30), principalmente por receio por parte do proprietário da fazenda em passar a pagar pelo uso da água subterrânea ou que essa pesquisa estimulasse a instalação de sensores para monitoramento da vazão do poço para uma futura cobrança. Os proprietários não concordam de forma alguma pagar pela água subterrânea, alegando que para uma plantação de grande extensão o valor cobrado será alto.

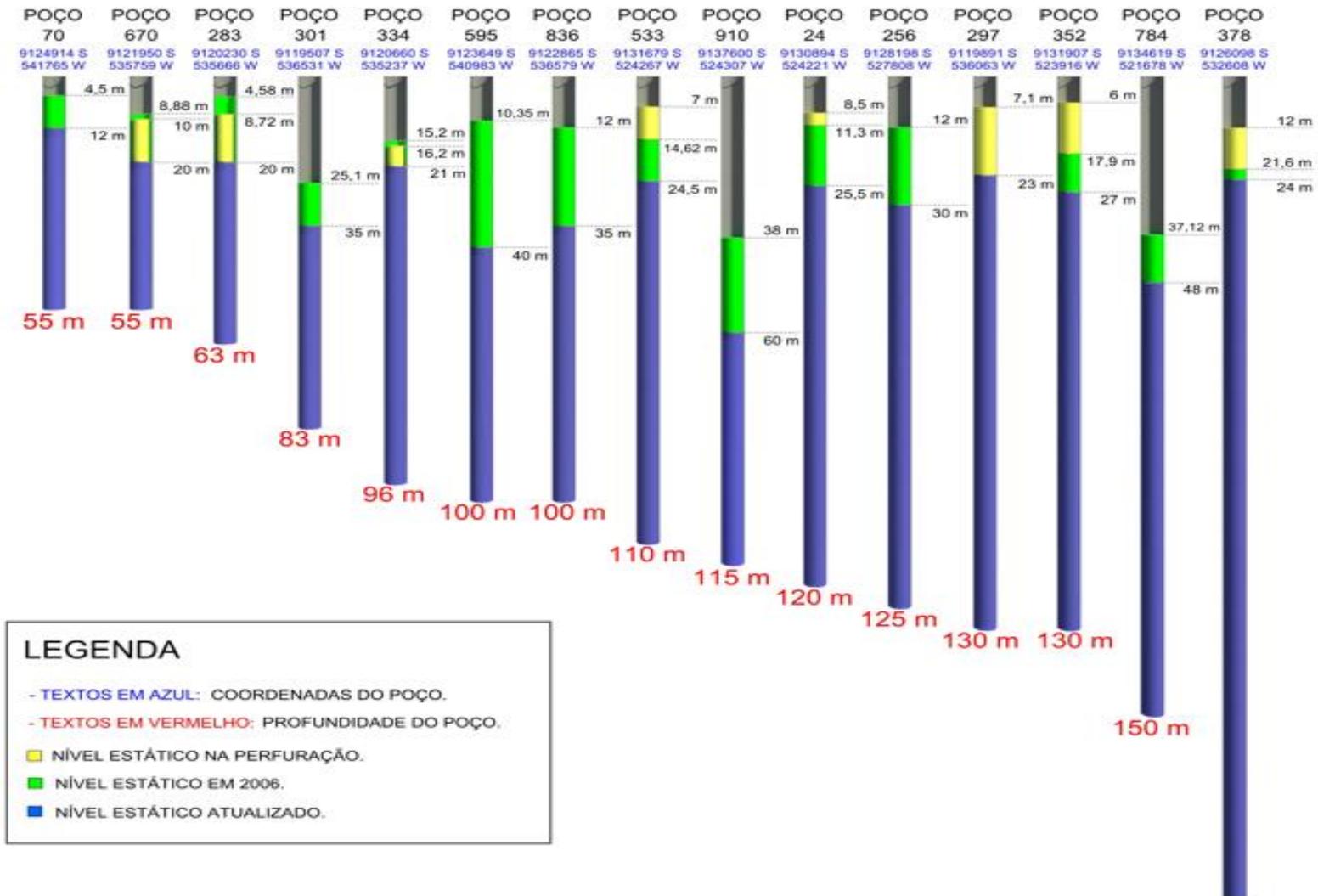
Figura 30- Medição do nível estático do Poço 306 na Fazenda Jurema.



Fonte: Autora.

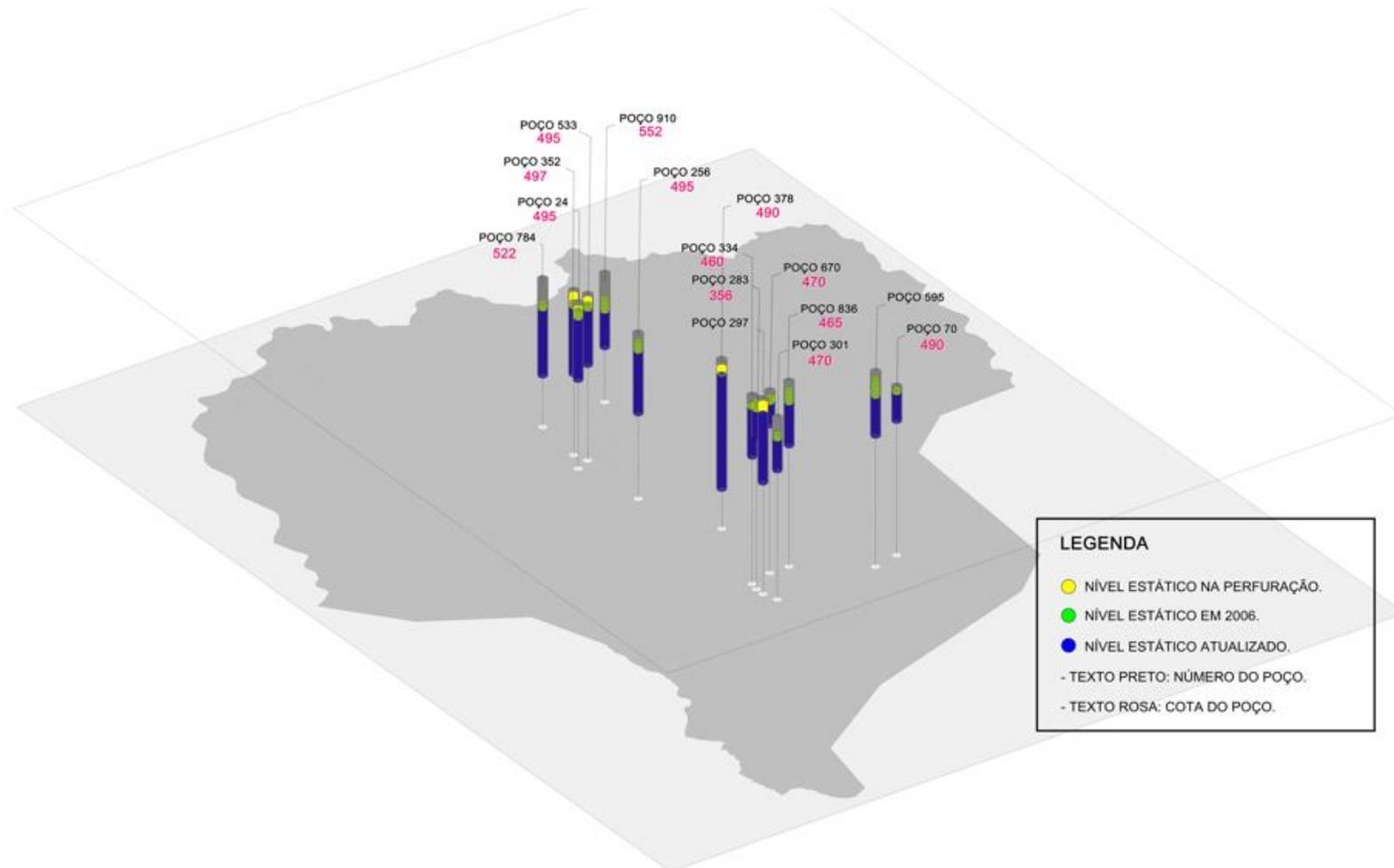
Com finalidade de ilustrar e chamar atenção em relação a diferença de nível dos poços, foi feito uma representação dos níveis de 15 poços considerados os mais comprometidos. Para o desenho, foi utilizado a ferramenta *Revit* (Figuras 31 e 32).

Figura 31- Perfil dos poços mais comprometidos com evolução dos níveis estáticos.



Fonte: Produzido pela autora a partir do *Revit* (2021).

Figura 32- Localização dos poços mais comprometidos no município



Fonte: Produzido pela autora a partir do *Revit* (2021).

Para os poços em questão foi feito o cálculo do rebaixamento do nível d'água, como mostra Tabela 7. Na maioria dos poços, o valor de rebaixamento gira em torno dos 11 metros, mas o poço que mais chamou atenção foi o 595 com 29,65 metros rebaixados em 14 anos.

Tabela 7- Média de rebaixamento do nível estático dos poços.

<i>Índice</i>	<i>Localização</i>		<i>Características do Poço (m)</i>	
	<i>Poço</i>	<i>Nível est. (2006)</i>	<i>Nível est. (2020)</i>	<i>Diferença</i>
<i>1</i>	283	4,58	20,00	15,42
<i>2</i>	297	Não localizado	23,00	23,00
<i>3</i>	334	15,20	21,00	5,80
<i>4</i>	378	21,60	24,00	2,40
<i>5</i>	670	8,88	20,00	11,12
<i>6</i>	836	12,00	35,00	23,00
<i>7</i>	24	11,30	25,50	14,20
<i>8</i>	352	17,90	27,00	9,10
<i>9</i>	533	14,62	24,50	9,88
<i>10</i>	70	4,50	12,00	7,50
<i>11</i>	256	12,00	30,00	18,00
<i>12</i>	301	25,10	35,00	9,90
<i>13</i>	595	10,35	40,00	29,65
<i>14</i>	784	37,12	48,00	10,88
<i>15</i>	910	38,00	60,00	22,00

Fonte: Autora.

Devido à falta de informação a respeito do histórico de vazão dos poços do estudo hidrogeológico de 2006, o experimento através de escoadouro de orifício circular foi feito em cinco poços. O cálculo das vazões foi realizado para os poços 24, 301, 363, 378 e 592, na primeira semana de novembro de 2021, cuja alturas piezométricas no medidor de vazão serão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8- Resultado da vazão medida a partir do escoadouro de orifício circular.

<i>Nº do Poço</i>	<i>Altura piezométrica na mangueira de medição (m)</i>	<i>Vazão calculada (m³/s)</i>	<i>Vazão (m³/h)</i>	<i>Vazão em 2006 (m³/h)</i>
24	0,86	0,00405	14,58	25,00
301	0,25	0,00218	7,85	9,00
363		Não foi possível medir		35,00
378	0,33	0,00251	9,04	20,00
592	0,26	0,00223	8,03	24,00

Fonte: Autora.

O cálculo da vazão foi realizado de acordo com a Equação 10, para valor de K sendo 0,79 (Figura 9) e a área da seção do orifício de descarga (Φ 40 mm) um número de 0,00125 m². O Poço 363, não foi possível coletar a altura piezométrica do vertedouro, pois o piezômetro apresentava uma altura de 1,20 metros, não sendo suficiente para leitura dessa vazão.

Analisando as vazões, percebe-se que as mesmas diminuíram ao decorrer dos anos, destacando o poço nº 592, com uma redução de 66,54 % de vazão volumétrica. Ao observar a Tabela 5, é possível identificar que o nível estático do poço (592) alterou de 6,77 metros em 2006 para 35 metros em 2020, rebaixando 2 metros a cada ano. O local do poço é o sítio Aroeira de Baixo, próximo ao Loteamento Jurema, citado no item 4.1 desse capítulo. O Poço 592 não é mais utilizado para irrigação, devido à baixa vazão, servindo apenas ao consumo humano e a uma pequena criação de animais.

4.5 Aplicação do Plano Educacional nas associações

O município possui 66 associações de agricultores registradas na Secretaria de Agricultura, onde foram convidados um representante de cada associação e o secretário de agricultura para as apresentações. O Plano de Ação seria vivenciado no mês de março de 2020, o que não foi possível devido à pandemia do novo Corona-vírus (SARS-COV-2). A reunião com os presidentes foi remarcada para o dia 30 de agosto de 2020. Apresentou-se o mapa de zoneamento explotável, vídeos ilustrativos da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento) e por fim mostrou-se a importância da conservação da água subterrâneas.

O principal foco foi explicar a distância mínima necessária entre poços em cada localidade e os cuidados com o uso de agrotóxico para a não contaminação da água. Compareceram na sede do assentamento Monte Alegre (local da reunião) 27 agricultores, que correspondem a 41% dos convidados (Figuras 33, 34 e 35). O evento contou com a presença do secretário de Agricultura do Município Cícero Jean, prestando toda assistência e apoio da secretaria para a realização dessa reunião.

Figura 33- Sede da Associação do Sítio Monte Alegre em São José do Belmonte- PE



Fonte: Autora.

Figura 34- Reunião com os representantes das associações do município.



Fonte: Autora.

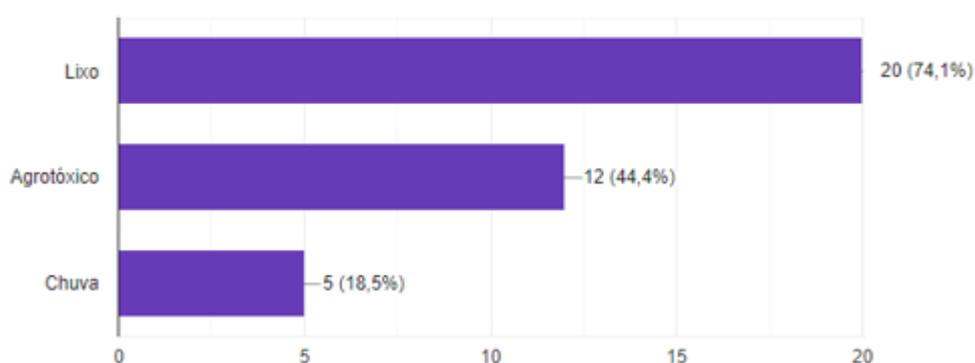
Figura 35- Agricultores da Região participando da Reunião.



Fonte: Autora.

Por fim, foi feito um questionário (Quadro 1), com perguntas simples, com a finalidade de observar a fixação do conteúdo por parte dos agricultores. Observou-se que a maioria dos representantes que compareceram responderam corretamente as perguntas feitas, conforme o Gráfico 1, 2 e 3.

Gráfico 1- Pergunta 1 do questionário: Marque com um X tudo que pode contaminar a água do poço.



Nº de respostas

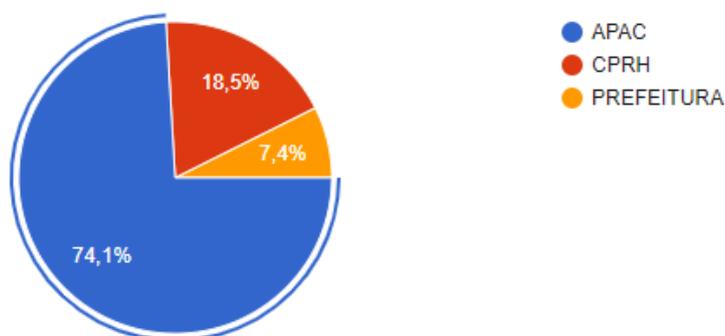
Fonte: Autora.

Mediante as respostas de cada agricultor, percebe-se que os mesmos têm conhecimento do que realmente provoca a contaminação das águas subterrâneas. Observando o gráfico anterior, as 5

respostas relacionando as águas das chuvas como poluidoras do lençol subterrâneo, podem ter sido um equívoco, devido à pouca escolaridade dos mesmos.

Alguns fatores básicos, como por exemplo, qual seria o órgão responsável pela gestão das águas subterrâneas em Pernambuco e questões ligadas a licença ambiental do poço, não eram de conhecimento dos associados. O debate foi bastante esclarecedor e absorvido, como mostra o Gráfico 2.

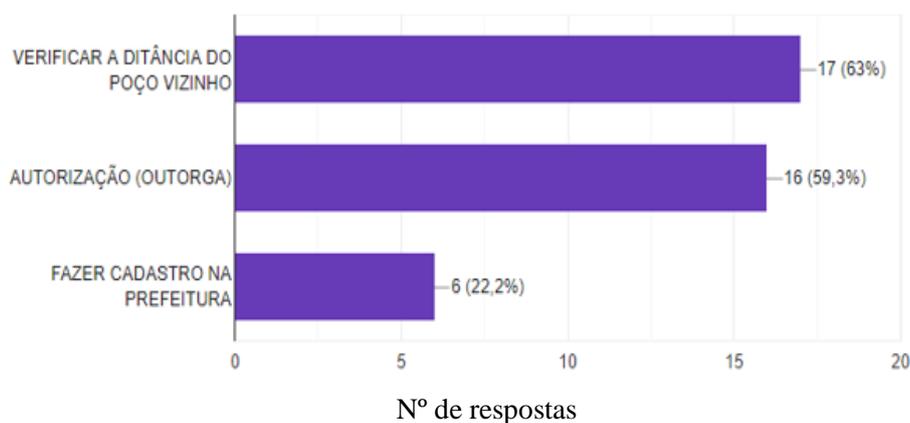
Gráfico 2- Pergunta 2 do Questionário: Marque com X o órgão gestor de águas subterrâneas em Pernambuco.



Fonte: Autora.

Outro ponto importante foi a apresentação do Mapa de Zoneamento Exportável da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte para os agricultores, que entenderam a importância de respeitar o distanciamento mínimo para a perfuração de poços como mostra o , com 17 respostas para o item “ verificar a distância do poço vizinho”.

Gráfico 3- Pergunta 3 do questionário: Marque com um X o que é preciso para perfurar um poço.



Fonte: Autora.

É possível observar através dos gráficos apresentados anteriormente, que a palestra teve efeito satisfatório, pois a maioria agricultores responderam corretamente as questões. Alguns trabalhadores rurais não compareceram (59% dos convidados), então foi elaborado um vídeo ilustrativo, enviado ao secretário de agricultura, para que houvesse um repasse aos agricultores que não compareceram presencialmente. Quase 50% dos representantes das associações compareceram à reunião, sendo um percentual bastante expressivo, mediante a pandemia do novo Corona-vírus (SARS-COV-2)

Algumas respostas não foram positivas, esse fato pode ter sido consequência do nível de escolaridade dos participantes. O grau de instrução baixo, dificulta os desafios na gestão dos poços, no entanto, o incentivo à qualificação pode proporcionar maior conhecimento e consequentemente melhor aplicação das diretrizes.

4.6 Aplicação do Plano Educacional nas escolas do Município

O Projeto educacional foi desenvolvido com a finalidade de ser vivenciado em março de 2020, precisamente na semana que antecede o dia Mundial da Água (dia 22). Devido à pandemia do novo Corona-vírus (SARS-COV-2), as atividades só puderam ser feitas em fevereiro de 2021. Das três escolas estaduais, apenas uma realizou as atividades propostas. A Escola de Referência em Ensino Fundamental e Médio Napoleão Araújo, possui um total de 529 alunos, sendo 225 do ensino fundamental (6º ao 9º ano) e 304 do ensino médio. A mesma fica localizada no distrito de Bom Nome, com uma extensão no distrito do Carmo na cidade de São José do Belmonte. Todo o material, com as atividades foram passadas para as outras 2 escolas estaduais, mas sem retorno. Nas escolas municipais, não foram possíveis a realização das atividades, devido à suspensão das aulas por tempo indeterminado. As escolas do estado já estão funcionando de forma híbrida desde março de 2020 a setembro de 2021.

Durante a semana do dia 8 a 12 de fevereiro de 2021, houve o desenvolvimento das atividades com os alunos do ensino fundamental, sendo elas aplicadas pelo professor de ciências da escola. As atividades foram feitas por 215 alunos, os quais recebiam materiais diferentes todo dia da semana, desde de vídeos animados a textos que falam sobre a água. O mapa de Zoneamento também foi apresentado durante o evento, para os alunos tomarem conhecimento.

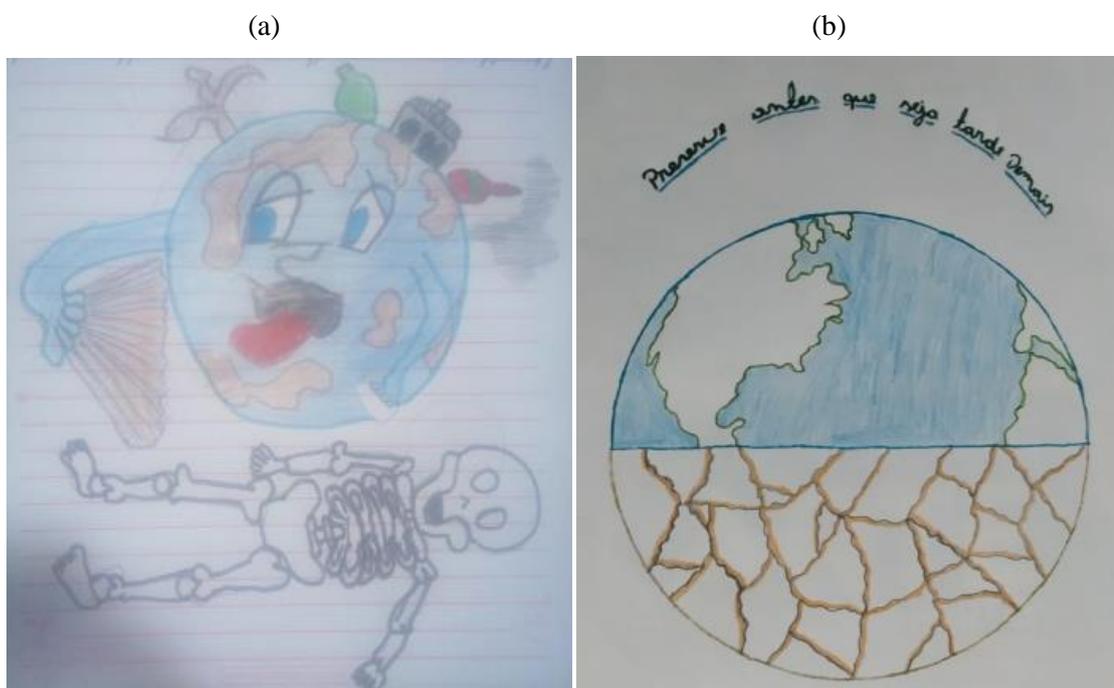
No último dia de atividades (12/02/2021), os alunos responderam um questionário de avaliação, para que fosse verificado a pertinência das informações, assim como a capacidade de associação de ideias por meio de ilustrações. Os alunos avaliados mostraram conhecimento prévio dos conceitos básicos sobre o uso racional da água e os problemas que sua falta poderá acarretar em todo o mundo, com foco na região onde moram. O professor informou que houve bastante interesse dos alunos sobre o tema e que muitos mostraram-se surpresos com todas as informações de água subterrânea do município. Não houve restrição por parte deles em realizarem as atividades e que a elaboração dos desenhos foi a parte mais divertida da semana. Através deles, percebeu-se que os alunos entenderam a necessidade de atentarem para o risco de contaminação das águas e a exaustão hídrica, conforme as Figuras 36 e 37.

Figura 36- Desenho do aluno Wanderson Alves 9º ano A, E. R. N. A., São José do Belmonte.



Fonte: Desenho elaborado pelos alunos do 9º ano da Escola de E.R.N.A, São José do Belmonte (2021).

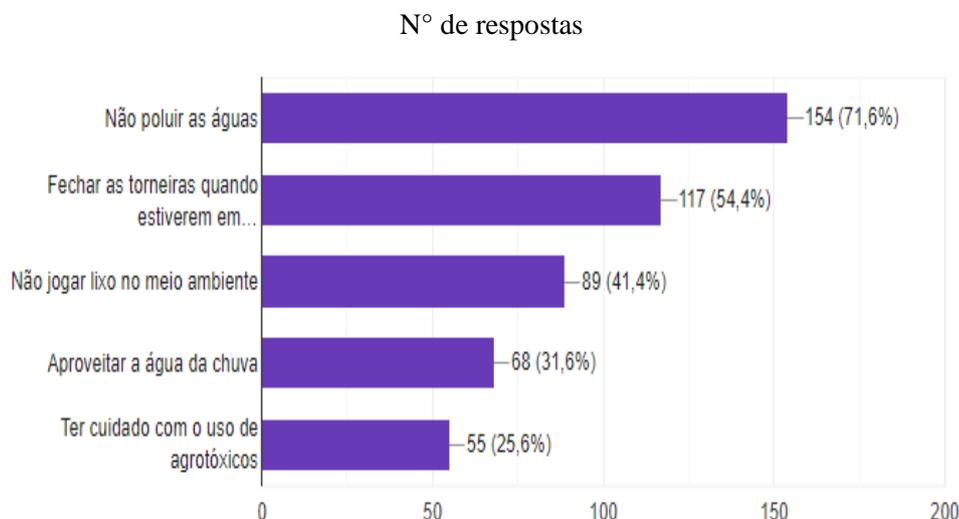
Figura 37- Desenhos de Luisa Mariano 7º ano B (a) e George Marllon 9º ano A (b), E. R. N. A., São José do Belmonte.



Fonte: Desenhos elaborados pelos alunos do 7º ano e 9º ano da (a) da E.R.N.A, São José do Belmonte (2021).

A seguir, serão mostrados gráficos com as respostas obtidas pelos alunos durante a avaliação no último dia. Foram feitos 4 questionamentos em cima de todo o trabalho apresentando. Antes de responder as perguntas, o aluno teria que identificar-se informando o nome e a série estudada. Logo em seguida, a primeira pergunta pedia que eles citassem medidas que poderiam ajudar na conservação de água no seu município. Os estudantes poderiam dar quantas respostas quisessem, como mostra o Gráfico 4.

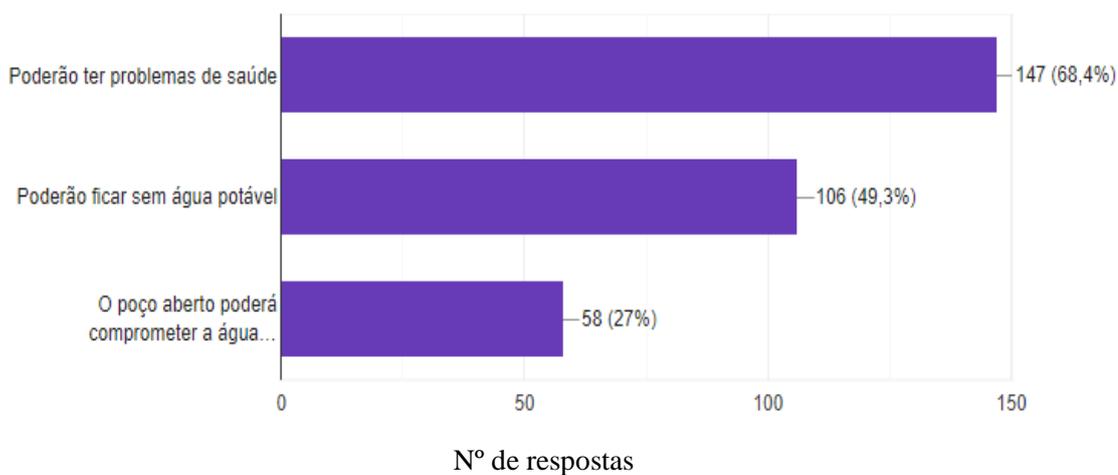
Gráfico 4- Primeira pergunta do questionário: Cite medidas que poderiam ajudar na conservação de água no seu município.



Fonte: Autora.

Podemos observar que mais de 70% dos alunos responderam “ não poluir as águas”, conclusão esta, que envolve outras respostas como: “ Não jogar lixo no meio ambiente” e “ ter cuidado com o uso de agrotóxico”. A segunda pergunta do questionário foi sobre os problemas ocasionado devido a contaminação da água para a população rural e urbana, como mostra o Gráfico 5.

Gráfico 5- Segunda pergunta do questionário: Discuta a contaminação da água para a população rural e urbana.

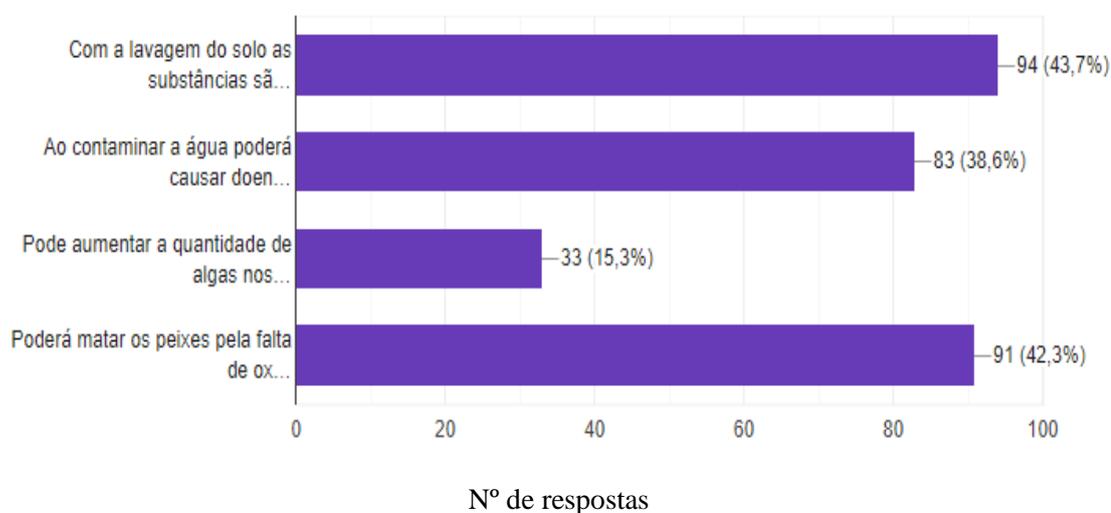


Fonte: Autora.

O percentual de 68,4% respondeu que “poderão ter problemas de saúde”, resultado este, que envolve as outras respostas como: “poderão ficar sem água potável” e “o poço aberto poderá comprometer a água de todos que utilizam o aquífero”.

Outro fator abordado, foi em relação a problemática do uso dos fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura, como mostra o Gráfico 6:

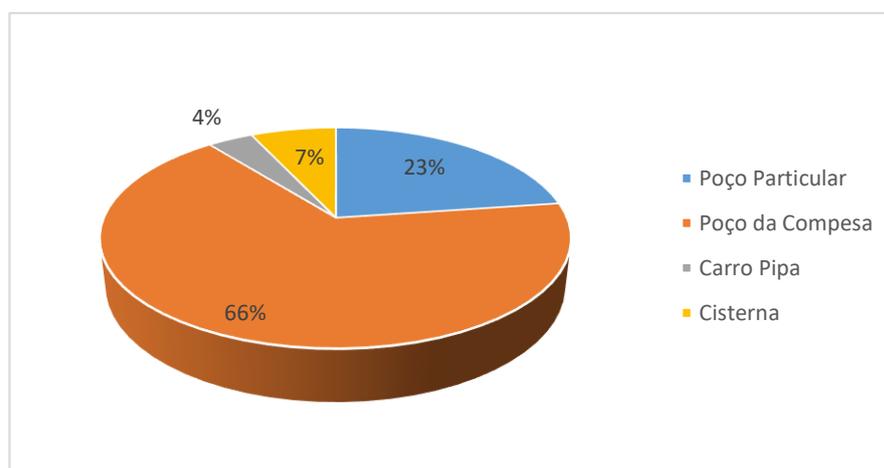
Gráfico 6- Pergunta 3 do questionário: Em relação aos fertilizantes e agrotóxicos colocados no solo.



Fonte: Autora.

Ao final, pediu-se que os estudantes pesquisassem de onde vem a água da sua residência. Os resultados serão apresentados no Gráfico 7.

Gráfico 7- Pergunta 4 do questionário: Pesquise de onde vem a água que abastece sua residência.



Fonte: Autora.

Podemos destacar que em todas as respostas o abastecimento é feito por fonte subterrânea e que 34% dos alunos são abastecidos por poços particulares que pode ser na sua propriedade, poço de um vizinho ou por água que chega através de carro pipa, levando em consideração que no sertão as cisternas também são abastecidas por esses transportes na maior parte do ano.

4.7 A problemática do uso de carros pipa no Município

Segundo a Secretaria de Agricultura Municipal, 130 caminhões pipa retiram água dos mananciais subterrâneos de São José do Belmonte para as cidades e até estados vizinhos, sendo precisamente 80 unidades para Paraíba (duas viagens ao dia para cada carro pipa), e 56 veículos (três a quatro viagens por dia) para cidades próximas como Serra Talhada, Flores, Santa Cruz da Baixa Verde e Triunfo. A Figura 38 mostra a fila de caminhões pipa para abastecimento em um poço particular na zona rural do município:

Figura 38- Fila de carros pipa para abastecimento em um poço na zona rural de São José do Belmonte.



Fonte: Autora (2020).

Para garantir a sustentabilidade dos aquíferos é indispensável detalhar o conhecimento técnico-científico a respeito dos mesmos, como por exemplo volumes das reservas e os mecanismos de recarga. Deve-se sintetizar as informações e fornece-las em meio de fácil acesso, assegurando uma melhor forma de uso da água subterrânea e assim diminuir os conflitos gerados pela sua exploração (RIBEIRO; CARTAXO; BORGES, 2006). Em decorrência da exploração dos

poços através dos carros pipa, a atividade tem causado grandes conflitos na região, pois a população tem medo que a água acabe, principalmente porque não se tem o controle de vazão dos poços explorados. A organização dos caminhões pipa e o pagamento é realizado pelo Exército. O órgão não disponibilizou dados para essa pesquisa, mas foi localizado um inquérito civil público instaurado sob o auto nº1996943/2015, em que visa justamente a quantidade de água retirada do Município de São José do Belmonte em que estima a exploração de 16.800.000,00 (dezesesseis milhões oitocentos mil) litros por mês, através de carros pipa, que transportam a água até cidades vizinhas, tendo o órgão ministerial a informação através da manifestação nº 14728072015-4, conforme a Figura 39.

Figura 39- Inquérito civil público sobre exploração da água subterrânea em São José do Belmonte.

Manifestação no.: 14728072015-4

Data de Entrada: 24/07/2015 - 09:34:00

Objetivo: INFORMAÇÃO

Estado: PE

Município: SÃO JOSÉ DO BELMONTE

Localidade: CIDADE

Forma de resposta: E-MAIL

Forma de contato: INTERNET

Manter sigilo sobre os dados pessoais: SIM

Texto da Manifestação

São José do Belmonte: Abastecimento indiscriminado de carros pipa preocupa população
23 jul 2015

Pipa

A retirada diária de água do subsolo do Município de São José do Belmonte, por parte dos pipeiros que abastecem a zona rural da cidade de Serra Talhada e outros Municípios circunvizinhos, está preocupando a população belmontense.

A situação vem se desenhando desde o mês de abril do corrente ano, quando a Vigilância Sanitária serratalthadense proibiu o abastecimento de carros pipa na barragem de Serrinha, naquele município, após a realização de testes que comprovaram a existência de grande quantidade de coliformes fecais e outras bactérias nocivas à saúde humana, inclusive de natureza cancerígena.

Apesar do Município de Serra Talhada ser um dos contemplados com o abastecimento da Adutora do Pajeú, sistema inaugurado pela Presidenta Dilma em 14 de abril de 2014, cerca de oitenta (80) carros pipa são abastecidos diariamente em um poço artesiano localizado no Sítio Jurema, bem como de vários outros pontos da zona rural de São José do Belmonte.

A retirada da água do subsolo de São José do Belmonte ultrapassa a margem de 16.800.000 litros mensais. São abastecidos cerca de 80 carros pipa com capacidade mínima de 7.000 litros, totalizam uma quantidade de 560.000 litros de água/dia, retirados do subsolo belmontense.

Agora a pergunta que atormenta a população: SERÁ QUE ESSA EXPLORAÇÃO DISCRITERIOSA DA ÁGUA DO SUBSOLO IRÁ COMPROMETER O ABASTECIMENTO FUTURO DA CIDADE, JÁ QUE TODA ÁGUA DA COMPESA TAMBÉM É RETIRADA DE POÇOS ARTESIANOS? Tal dúvida somente poderá ser sanada pelas autoridades municipais competentes, após análise da situação e da capacidade de abastecimento do Município, bem como a eventual proibição desses abastecimentos.

MPPE
Nº DOCUMENTO
5653010
Nº AUTO
20.15.1.1996943



Fonte: Ministério Público de São José do Belmonte (2020).

Juntamente ao inquérito, existem vários abaixo assinados dos moradores que manifestam sua insatisfação quanto a elevada retirada de água dos lençóis subterrâneos com o receio que cause danos irreparáveis e irreversíveis a sociedade como um todo. A situação agravou-se devido a vigilância sanitária serra-talhadense ter comprovado a contaminação da água da barragem de Serrinha com uma grande quantidade de coliformes fecais e outras bactérias nocivas à saúde

humana, o que acabou transferindo a operação carro pipa para a cidade de São José do Belmonte.

Como resposta ao Ofício N° 2297/GAP/GM-MD emitido pelo Ministério Público, o Exército, responsável pela operação pipa, enviou o plano de abastecimento da cidade de Serra Talhada, contendo planilhas divididas em 30 Lotes (Figura 40), totalizando 920 viagens por mês através dos caminhões da cidade de São José do Belmonte a zona rural serra-talhadense. O Exército só aceita carros pipa que transportem 8.000 (oito mil) litros até 15.000 (quinze mil) litros de água, logo pode-se constatar que é retirado um valor de no mínimo 7.240.000,00 (sete milhões duzentos e quarenta mil) L/ mês dos mananciais de São José do Belmonte apenas para a cidade de Serra Talhada. O órgão não apresentou nenhum controle de abastecimento do Estado da Paraíba, que também é abastecida através da operação carro pipa na região do estudo.

Figura 40- Controle de abastecimento do exército para carros pipa, Lote N° 30 - Serra Talhada/PE.

SERRA TALHADA – LOTE NR 30

LOCALIDADE	MANANCIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL
BARRA 2	Belmonte II		1								1					1			1					1								5	
FAZENDA ALTINHO	Belmonte II				1																			1								2	
VÁRZEA DE CIMA A	Belmonte II			1																					1							3	
FIRMIANO	Belmonte II		1								1															1						4	
INGAZERINHA	Belmonte II				1					1						1								1								2	
ASSENT. VIRGULINO FERREIRA B	Belmonte II		1																1								1					2	
TRAVESSA	Belmonte II						1													1												2	
CARRAPATO	Belmonte II					1																	1									4	
CARNAUBA DO AJUDANTE	Belmonte II									1					1		1									1						2	
VÁRZEA DA MADEIRA	Belmonte II										1													1								2	
CATOLÉ DO CAIÇARINHA	Belmonte II																1			1												2	
FAZ MATA DO PATO	Belmonte II																			1												1	
TOTAL		0	0	2	2	0	0	2	0	2	2	1	0	0	0	1	3	1	2	2	0	0	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	31



Fonte: Ministério Público de São José do Belmonte (2020).

Os proprietários dos 2 poços que abastecem os carros pipas foram procurados para mais coletas de dados, porém um deles se opôs em fornecer informações. O outro disponibilizou as planilhas de viagens do mês de outubro a dezembro de 2019, janeiro e fevereiro de 2020 (localizadas no ANEXO B), totalizando uma retirada de 53.103 m³ de água para as localidades de Serra Talhada, Flores, Triunfo, Santa Cruz da Baixa Verde e zona rural de São José do Belmonte. Comparando esse valor ao estimado pelo Ministério Público (26.000m³), é possível demonstrar que a exploração deve estar sendo 50% a mais do que o considerado no inquérito.

Vale destacar também que no Estado de Pernambuco não existe cobrança pelo uso da água, mesmo assim, os proprietários dos poços recebem um valor em torno de R\$ 15,00 e R\$ 20,00, dependendo da capacidade do caminhão pipa, pelo seu abastecimento. Não foi identificado outorga desses poços.

Sabemos o grande risco que a região está correndo por não estar levando em conta os critérios de sustentabilidade para exploração desse recurso. Aspectos gerais de sustentabilidade como: conectividade, equidade, prudência e segurança, não estão sendo considerados no bombeamento da água e isso poderá comprometer bastante o futuro das novas gerações.

4.8 Sugestões para o gerenciamento

A preservação da água subterrânea em São José do Belmonte deverá ser um trabalho coletivo, quer dizer ação dos órgãos públicos (Secretaria Municipal de Agricultura e Educação), junto à população, de forma semelhante a Caldas Novas- GO. É preciso que exista o interesse da prefeitura municipal de fazer uma parceria junto à APAC, com a finalidade de conseguir auxiliar no cadastramento de poços e possíveis monitoramentos dos níveis subterrâneos, como alerta para evitar a exaustão do aquífero.

A ciência cidadã consiste na transformação de cidadãos em colaboradores da ciência, auxiliando a comunidade científica na coleta de dados. Qualquer pessoa poderá fornecer informações via internet, gerando registros com pouco investimento. A APAC desenvolveu um aplicativo móvel de fiscalização de recursos hídricos, já em fase de teste, podendo tornar-se uma ferramenta eficiente em procedimentos de gestão de águas pela transformação digital. Essa ideia poderia ser estendida a identificação e cadastro de poços desconhecidos. O usuário poderia fornecer informações valiosas, como por exemplo, as coordenadas do poço, profundidade, funcionamento e uso da água. É importante que o aplicativo colete as informações do poço mesmo sem internet, pois seria uma situação complicada para zona rural. Os dados deverão ser armazenados no aplicativo e enviados em local favorável.

O mapa de Zoneamento explorável é uma importante ferramenta de gestão, como visto na cidade do Recife, porém é importante intensificar a fiscalização no interior do estado, colocar a teoria em prática e intensificar as advertências (ou até penalidades) com aqueles usuários que não cumprem a legislação. Vale a pena ressaltar a necessidade da criação de um escritório

regional da APAC, visto a logística para a realização de alguma atividade referente a utilização das águas subterrâneas e a deficiência na fiscalização em São José do Belmonte.

É necessário que ocorra o desenvolvimento de um processo sistemático para organização, análise e compatibilização dos usos múltiplos dos recursos hídricos subterrâneos em SJ Belmonte, a fim de garantir o uso racional, a oferta e a qualidade das águas subterrâneas. O modelo de gestão do Brasil é bem semelhante ao modelo australiano, já que o poder de gestão dos recursos hídricos está atribuído aos estados. Porém, é preciso que sejam realizadas campanhas conscientização na região, mostrando a importância da preservação e da conservação das águas subterrâneas

A APAC poderia fornecer hidrômetros ou sensores à prefeitura para o monitoramento periódico do aquífero. Esses aparelhos seriam instalados em pontos estratégicos da bacia, principalmente em regiões onde houve um rebaixamento considerável. É preciso que seja feito esse monitoramento com a finalidade de emitir alertas aos órgãos gestores e a população sobre a situação do aquífero.

Vale ressaltar a importância do Ministério Público, com o mecanismo de fazer cumprir a lei na questão da exploração dos poços e da legalidade na regularização dos mesmos. Pois, é de conhecimento que exista no Município processo nesse sentido, porém fora arquivado em razão da caducidade (dez anos), ou seja, por ultrapassar o período estipulado para aplicar a punição devida, causando a extinção da punibilidade. O que caracteriza, no entanto, uma forma de morosidade judicial e a falta de fiscalização em tempo hábil, o que reitera a necessidade de uma lei própria que seja coadjuvante com o princípio da razoável duração do processo, conforme artigo 5º, inciso LXXVIII da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988).

A proposta de desenvolver projetos simples e efetivos, em que o aluno seja multiplicador do conhecimento para suas famílias, é o ponto chave para o desenvolvimento das propostas dessa pesquisa, que encontrou forte adesão no meio escolar por gestores, professores e alunos protagonistas. Sendo a escola por excelência, espaço para a promoção da socialização, formação e conscientização, pode tornar-se uma grande aliada em todo o processo de preservação dos recursos subterrâneos belmontense. O projeto pedagógico proposto e vivenciado, mesmo com todos os obstáculos ocasionados pela pandemia deve continuar. A proposta é que este torne-se parte integrante das ações constantes do projeto político pedagógico tanto das escolas da Rede Estadual como da Rede Municipal. Ações essas que devem ser

revistas a curto espaço de tempo, elaboração de novas estratégias a cada etapa, envolvendo crianças, adolescentes e suas famílias. O conjunto de todas essas sugestões vivenciadas na íntegra, pode promover mudança radical em relação à situação apresentada.

5 CONCLUSÕES

É possível chegar à conclusão que a falta de monitoramento do aquífero da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte poderá acarretar em sua exaustão hídrica, pois observamos como os níveis de água tem rebaixado em torno de 11 metros nos últimos 14 anos. Esse fato também pode ser visto em algumas visitas a zona rural do município, onde dos 52 poços visitados, 10 já se apresentam secos ou com a vazão insuficiente para atender a demanda da propriedade. Essas questões são reforçadas com o teste de vazão através do escoadouro de orifício circular, comprovando-se a redução das vazões de forma considerável. Além disso, os poços visitados estão localizados ao longo da bacia, ou seja, em pontos distintos, o que reforça ainda mais a conclusão que não é um fato isolado. Ou seja, em todo o município está havendo um rebaixamento generalizado do aquífero.

Os instrumentos de gestão e as leis que protegem os recursos hídricos subterrâneos em Pernambuco tendem a ser eficientes, porém a barreira ainda é a fiscalização. Ao mesmo tempo que existe a necessidade de educação ambiental a longo prazo. Em curto prazo, o monitoramento do aquífero sem dúvida é fundamental. A APAC já tem um projeto para um sistema de informação que possibilitará o cadastramento dos usuários de forma online, sem a necessidade de locomoção, cabe agora analisar a eficiência da sua aplicação. Mesmo assim, existe a necessidade de um escritório regional, para desenvolvimento de trabalhos de monitoria, fiscalização e apoio ao usuário.

É importante também citar o papel do Ministério Público não só como órgão fiscalizador, mas promotor do conhecimento. O mesmo poderia atuar junto com a APAC nas questões de controle de água que sai nos carros pipa e nas realizações de palestras sobre legislação hídrica. O público alvo seriam os proprietários dos poços parceiros do Exército e proprietários de máquinas perfuradoras de poços.

É necessário que seja feita supervisões de forma satisfatória, visto a grande quantidade de poços não cadastrados e um número de apenas quatro outorgas no município. Já que o local não está perto do escritório da APAC, talvez uma parceria entre a prefeitura fosse viável, principalmente para o usuário ter um funcionário a disposição para cadastrar os próximos poços a serem perfurados.

A maior parte dos usuários de água subterrânea na região são pequenos proprietários com baixa renda, de modo que uma sugestão é não cobrar taxa para cadastro dos poços. Para o sistema de cadastro e acompanhamento dos poços funcionar é necessário que seja de simples aplicação e não onere os pequenos proprietários.

É importante analisar com cuidado a aplicação de multas para o usuário que não seguir a legislação. Não só em São José do Belmonte, mas, quando se fala em pagar pelo uso da água, nota-se uma resistência por parte da população.

Quando toda a população está disposta a contribuir com a gestão, fica mais fácil identificar o usuário que não está seguindo as regras e assim atribuir algum tipo de penalidade. Em São José do Belmonte, deve-se primeiro ter todo um trabalho de conscientização antes da criação de qualquer tipo de multa. A escola é uma parceira fundamental para esse trabalho, com crianças e adolescentes, bem como com as suas famílias.

Ao término da presente pesquisa, chega-se à conclusão que as valiosas contribuições do estudo, alcançarão uma dimensão cada vez maior se as entidades públicas assumirem de fato o seu papel. Recomenda-se a Secretaria de Educação, colocar em seu planejamento estratégico anual, a formação de estudantes multiplicadores. Para isso, é necessário a inclusão nos Projetos Políticos Pedagógicos de cada escola, a promoção de projetos simples e efetivos, sendo as ações e vivências, acompanhadas pela Secretaria de Educação, acerca do tema de estudo. Para a Secretaria de Agricultura, é aconselhada a realização de campanhas de conscientização acerca do tema da pesquisa a todos os agricultores associados, para serem multiplicadores em suas comunidades base.

REFERÊNCIAS

- AGENCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Outorga**, Recife, 2021. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/outorga>. Acesso: 09/11/2021.
- ALMEIDA, Leonardo de. **Estudo da aplicabilidade de técnicas de recarga artificial de aquíferos para a sustentabilidade das águas termais da região de Caldas Novas-GO**. 2011. Tese de Doutorado em Geologia. Universidade de Brasília.
- ANDREATTA, Luigi Vieira da Rocha. **Escoamento em canal parcialmente poroso e fraturado**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- ARAÚJO, B. M. de; *et al.* Aspectos econômicos para o reuso na agricultura na Bacia do Rio Paraíba do Sul e comparação com o modelo da gestão de cobrança em Israel. **Simpósio de recursos hídricos-Paraíba do Sul**, v. 3, p. 206-215, 2018.
- BENNET, M.; GARDNER, A. Groundwater Policy and Regulation. In: BENNET, M.; GARDNER, A. **Groundwater Regulation in a Drying South West**. 1. ed. Adelaide (SA): The National Center for Groundwater Research and Training, v. 1, 2014. Cap. 1, p. 1-17.
- BISWAS, A. K. Integrated water resources management: a reassessment: a water forum contribution. **Water international**, v. 29, n. 2, p. 248-256, 2004.
- BISWAS, A. K. Integrated water resources management: is it working?. **International Journal of Water Resources Development**, v. 24, n. 1, p. 5-22, 2008.
- BORBA, A. L. S., DA COSTA, M. R., COSTA FILHO, W. D., de Azevedo, P. V. N. G., Jardim, F. C. F. V. **Qualidade das águas do Aquífero Cabo na Região Metropolitana de RECIFE-PE**. *Águas Subterrâneas*, 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/1116>. Acesso: 10/01/2021.
- BORTOLON, B.; MENDES, M. S. S. A importância da Educação Ambiental para o alcance da Sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**. Itajaí, Centro de Ciências Sociais e Jurídicas da UNIVALI, v. 5, n. 1, p. 118-136, 2014.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL. **Lei n. 9795, 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental. Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília:1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm#:~:text=L9795&text=LEI%20No%209.795%2C%20DE%2027%20DE%20ABRIL%20DE%201999.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental,Ambiental%20e%20d%C3%A1%20out%20provedor%20de%20servi%C3%A7os%20de%20educa%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 02/02/2021.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente, saúde**. MEC, SEF, 2001.

- CABRAL, J. J. S. P. Movimento das Águas Subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M. **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**. 2ª. ed. Fortaleza: CPRM, 2000. Cap. 3, p. 35-54.
- CABRAL, J. J. S. P. Movimento de Água Subterrânea. In: Fernando A. C. Feitosa; João Manoel Filho; Edilton Feitosa; José Geilson a Demétrio. (org.). **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações**. 3ed.rio de janeiro: cprm, 2008, p. 77-91.
- CABRAL, J.J.S.P. Sustentabilidade de Aquíferos Costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS,13., 2004, Cuiabá. **Anais [...]**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23643>. Acesso: 14 de out. de 2019.
- CABRAL, J. J. S. P.; KOIDE, S.; SIMOES, S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.. Recursos Hídricos Subterrâneos. In: PAIVA, J. B. D. D.; PAIVA., E. M. C. D. D. **Hidrologia Aplicada a Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. 1ª. ed. Porto Alegre: ABRH, v. 1, 2001. p. 237-277
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. SIAGAS, 2021. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso: 31 de Out. 2021.
- CONICELLI, B. P.; HIRATA, R. Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas. **Águas Subterrâneas**, 2016. Disponível em:http://www.abas.org/xixcabas/anais/103015_113_Gestao_A.S__BPC20160709.pdf. Acesso: 10 de Janeiro de 2022.
- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portal de Periódicos**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso:31 de out. de 2019.
- COSTA, W. D. *et al.* **Estudo Hidrogeológico da Bacia sedimentar de São José do Belmonte e Diagnóstico das Condições Hidrogeológicas da Bacia Sedimentar de Fátima, Visando a Instalação de Sensores Telemétricos**. Relatório Final. Recife: APAC, 2006. CD-ROM.
- COSTA, W. D.; DOS SANTOS, M. A. V.; COSTA FILHO, W. D. Estudo Hidrogeológico Visando a Gestão dos Aquíferos da Bacia de São José do Belmonte-Pe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14., 2006, São Paulo. **Anais [...]**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22646>. Acesso: 12 de out. de 2019.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. **Diagnóstico do Município de São José do Belmonte**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- DA COSTA, A. C. M.; DOS SANTOS, M. A. A gestão dos recursos hídricos no Brasil e a questão da água subterrânea. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais [...]**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24344>. Acesso: 12 de out. de 2019.

DA SILVA, S. R. *et al.* A Gestão de Águas Subterrâneas no Aquífero Barreiras–Jordão, Jardim Jordão e Ibura–Recife–Pernambuco. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, 15., 2008, Natal. **Anais** [...]. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23286>. Acesso: 10 de out. de 2019.

DA SILVA, S. R.; MARQUES, C.; MONTEIRO, A. B. A implantação do sistema de outorga em Pernambuco. CPRH, 1998, Recife. **Anais[...]**. CD-ROOM.

DE BRITO, Higor Costa; DE BRITO, Yáscara Maia Araújo; RUFINO, Iana Alexandra Alves. O Índice de Segurança Hídrica do Brasil e o Semiárido Brasileiro: Desafios e Riscos Futuros. **Rev. Bras. Cartogr.**, v. 74, n. 1, 2022.

FARIAS, Carmem Roselaine de Oliveira, DA SILVA; Renata Priscila; CAVALCANTI, Edneida Rabêlo; SANTANA, Raquel Eufrázio de; NETO, Manoel Sérgio de Oliveira. A Experiência de Produção de Cartilhas Autorais de Educação Ambiental nas Escolas. *In: BRAGA, Ricardo Augusto Pessoa (editor). Águas de Areia*. 1. ed. Recife: ANE, 2016. p. 277-303. v. 1. ISBN 9788561428235.

FASAKHODI, A. A.; NOURI, S. H.; AMINI, M. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach. **Water resources management**, v. 24, n. 15, p. 4639-4657, 2010.

FEITOSA, F. A. C.; COSTA FILHO, W. D. **Execução de bombeamento em poços tubulares: manual prático de orientação**. [S. I.]: CPRM; Secretaria dos Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998. 23 p. Programa Ações Emergenciais de Combate aos Efeitos da Secas. Inédito.

FEITOSA, F.A.C.; DEMETRIO, J.G.A. Testes de Bombeamento em Poços Tubulares. *In: Fernando A. C. Feitosa; João Manoel Filho; Edilton Feitosa; José Geilson a Demétrio. (org.). Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*. 3ed.rev. e ampl. - Rio de Janeiro:CPRM- LABHID, 2008, p. 507-523.

FEITOSA, F. A. C. Hidráulica de Poços. *In: FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M. Hidrogeologia - Conceitos e Aplicação*. 2. ed. Fortaleza - CE: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. Cap. 11, p. 243-302

FONSECA, J. S. da; MARTINS, J. de A. **Curso de Estatística**. 6. ed. Editora Atlas, 2010. p. 179 – 181.

FO, F. L. S. *et al.* Estratégias de Integração Multi-Institucional da Gestão de Aquíferos no Semi-Árido: da Intervenção a Sustentabilidade. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23459>. Acesso: 28 de set. de 2019.

FOSTER, S. *et al.* **Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies**. Washington: The World Bank, 2002. 114p.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J. A. **Água Subterrânea**. São Paulo: tradução de Everton Oliveira, 2017. 698 p.

GLEESON, T. *et al.* Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. **Nature**, v. 488, n. 7410, p. 197, 2012.

HAGER, F. P. V. *et al.* A problemática da gestão das águas subterrâneas no Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, São Paulo. **Anais** [...]. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22318/14662> Acesso: 14 de out. de 2019.

HARRINGTON, N.; COOK, P. **Groundwater in Australia**. 1. ed. Adelaide (SA): The National Center for Groundwater Research and Training, v. 1, 2014.

HERRAIZ, A. S. La Importancia de las Águas Subterráneas. **Rev. Real Acad. Ciencias Exactas Físicas Nat**, v. 103, p. 97-114, 2009.

HIRATA, R. *et al.* **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil**: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2019. 35p.

LOUCKS, D. P. Sustainable water resources management. **Water international**, v. 25, n. 1, p. 3-10, 2000.

MARIN, Philippe; Marin, Philippe; Tal, Shimon; Yeres, Joshua; Ringskog, Klas B.. 2017. **Water Management in Israel: Key Innovations and Lessons Learned for Water Scarce Countries**. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28097> License: CC BY 3.0 IGO et al. Acesso 30/06/2021.

MELO, M. C.; JOHNSON, R. M. F. O conceito emergente de segurança hídrica., v. 1, n. 1, p. 72-92, 2017.

MILLY, P. C. D. *et al.* Stationarity is dead: Whither water management?. **Science**, v. 319, n. 5863, p. 573-574, 2008.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO JOSÉ DO BELMONTE. **Inquérito civil público sobre a exploração da água subterrânea em S J do Belmonte, documento nº 565310, nº do auto 2015/1996943**. São José do Belmonte, 2015. CD-ROOM.

MONTEIRO, Pedro Benjamin Carreiro Lima. **Proposta metodológica para a gestão das águas subterrâneas no estado do Piauí**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

PALMERSTON, Sheila Cristina. **Legislação, licenciamento ambiental e turismo: os desafios da sustentabilidade e da eficiência no uso dos recursos hidrotermais em Caldas Novas-GO**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Goiás.

PEDE, M. A. Z. **Caracterização da condutividade hidráulica do embasamento cristalino alterado saturado na região metropolitana de São Paulo**. 2004. vi, 95 f. Dissertação

(mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/92794>.

PEIXOTO FILHO, S. **Contribuição a Gestão do Aquífero Termal de Caldas Novas**. 2000. Mestrado em Hidrogeologia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

PERNAMBUCO. **Decreto n. 20.423, de 26 de março de 1998**. Regulamenta a Lei n. 11.427/97 e dá outras providências. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/de20586;14020209;20151228.pdf. Acesso em: 31 de Out. de 2019.

PERNAMBUCO. **Lei nº 11.426, de 17 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: [lei_estad_11426.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/lei_estad_11426.pdf) (cprh.pe.gov.br). Acesso: 01/11/2021.

PERNAMBUCO. **Lei nº 11.427, de 17 de Janeiro de 1997**. Dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco e dá outras providências. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/legislacao/lei%20_%2011427_97_aguas_subterraneas.pdf. Acesso em: 31 de Out. de 2019.

PERNAMBUCO. **Lei nº 11.516, de 30 de Dezembro de 1997**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações ao meio ambiente e dá outras providências. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/LeiEst11516de1997;2147;20110818.pdf. Acesso em: 10 de Out. de 2019.

PERNAMBUCO. **Lei nº 12.984, de 30 de Dezembro de 2005**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/legislacao/lei_das_aguas_n_12984_de_30_de_dezembro_de_2005.pdf. Acesso em: 31 de Out. de 2019.

PERNAMBUCO. **Lei nº 13.205, de 19 de janeiro de 2007**. Dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Poder Executivo, e dá outras providências. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/legislacao/lei_13205_2007.pdf. Acesso em: 10 de out. 2019.

PERNAMBUCO. **Lei Nº 14.249, DE 17 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: [LEI-No-14.249.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/LEI-No-14.249.pdf) (cprh.pe.gov.br). Acesso: 08/11/2021.

PERNAMBUCO. **Lei Nº 16784, de 23/12/2019**. *Altera os Anexos I, II e III da Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe sobre o licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente*. Disponível em: Lei Nº 16784 DE 23/12/2019 - Estadual - Pernambuco – LegisWeb. Acesso em: 09/11/2021.

PERNAMBUCO. **Portaria Conjunta APAC/CPRH Nº 1 DE 22/06/2017**. Estabelecem condições e procedimentos para obtenção da Licença Ambiental e da Outorga do Uso dos Recursos Hídricos nos mananciais de domínio do Estado de Pernambuco. Disponível em:

Portaria Conjunta APAC/CPRH Nº 1 DE 22/06/2017 - Estadual - Pernambuco – LegisWeb. Acesso:08/11/2021.

PERNAMBUCO. **Resolução CRH nº 2, de 12 de março de 2020.** Dispõe sobre a obrigatoriedade de realização de análises físico-químicas e microbiológicas em águas de mananciais subterrâneos para fins de outorga e licença ambiental, e dá outras providências. Disponível em: crh_2020.pdf (cprh.pe.gov.br). Acesso em: 19 de maio de 2021.

PERNAMBUCO. **Resolução CRH nº 6, de 16 de dezembro de 2020.** Dispõe sobre a exploração das águas subterrâneas na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte - Pernambuco. Disponível em: Resolucao_CRH_n06_2020_Exploracao_na_Bacia_Sedimentar_de_S._J.Belmonte.pdf (seinfra.pe.gov.br) Acesso 06/11/2021.

RIBEIRO, M. R.; CARTAXO, E. F.; BORGES, J. T. Conflitos Decorrentes da Exploração da Água Subterrânea para Comercialização em Carros-pipas na Região da Corrente, Vila da Amizade e Vila Acre, Rio Branco/Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14., 2006, São Paulo. **Anais [...]**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22222/14571>. Acesso: 12 de out. de 2019.

ROCHA, Felizardo Adenilson; SILVA, Joseane; BARROS, Flávia. Reuso de águas residuárias na agricultura: a experiência israelense e brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

ROSS, A. Speeding the Transition Towards Integrated Groundwater and Surface Water Management in Australia. **Journal of Hydrology**, v. 567, p. e1-e10, 2018.

SÁ, L. T. L. e, FERREIRA NETO, A. SOBRINHO, O. P. Avaliação Preliminar das Condições de Explotabilidade do Aquífero Tacaratu na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte - PE, Como Uma Ferramenta Para Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2001. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24205>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SÁ, L. T. L.; MOURA, A. R. L. U. Proposta de Caracterização da Explotabilidade do Aquífero Tacaratu na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte. **Águas Subterrâneas** [S. l.], n. 1, 2002. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22624>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SILVA, Simone Rosa da; MONTEIRO, Adson Brito; FRANÇA, Ana Erika. **O Gerenciamento de Águas Subterrâneas no Estado de Pernambuco.** In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1999. Belo Horizonte-MG. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/658>. Acesso: 10/11/2020.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia - Ciência e Aplicação.** 4ª. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014. Cap. 2, p. 35-52.

SIMONATO, D. C.; DE FIGUEIREDO, R. A.; DORNFELD, C. B.; DE SOUZA ESQUERDO, V. F.; BERGAMASCO, S. M. P. P. Saneamento rural e percepção ambiental em um assentamento rural–São Paulo–Brasil. **Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 2, p. 264-280, 2019.

TBARI, M. M. R.; YAZDI, A. Conjunctive use of surface and groundwater with inter-basin transfer approach: case study Piranshahr. **Water resources management**, v. 28, n. 7, p. 1887-1906, 2014.

TRIVELLATO, J.; TRIVELLATO S.; MOTOKANE, M.; LISBOA, J.F.; KANTOR, C. **Ciências, natureza e cotidiano: criatividade, pesquisa, conhecimento, 6º ano**. Ed.renovada. São Paulo: Coleção natureza e cotidiano, 2009, 96p.

TRIVELLATO, J.; TRIVELLATO S.; MOTOKANE, M.; LISBOA, J.F.; KANTOR, C. **Ciências 6º ano**. 1ª ed. São Paulo: Quintetos Editoriais, 2015, 400p.

TUCCI, C.; CHAGAS, Maria de Fátima. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. **REGA, Porto Alegre**, v. 14, n. e12, p. 1-16, 2017.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

WEINBERG, G.; LIVSHTZ, Y.; GIVATI, A.; ZILBERBRAND, M.; TAL, A.; WEISS, M.; ZURELI, A.. **The Natural Water Resources Beteew The Mediterranean Sea and the Jordan River. The Water Authority**. Jerusalém, p. 71. 2012

XAVIER, J. M. de V. *et al.* Uso sustentável dos Recursos Hídricos: Práticas na Educação Ambiental no Semiárido-Nordestino. *In: Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro*, 1.,2013, Campina Grande-Paraíba. **Anais[...]**. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/Modalidade_4datahora_31_10_2013_09_37_36_idinscrito_273_28f97f8f4a7478d2c77b46dd6246eb6a.pdf. Acesso em 10 de out. de 2019.

ANEXO A – Relatório de Perfuração de Poço Prefeitura de Belmonte.

Relatório de Perfuração do Poço

LOCALIZAÇÃO	
Proprietário <i>Marcos Willyan da Silva Souza</i>	Município <i>São José de Belmonte</i>
Localidade <i>Imbuza</i>	Arquivo N.º _____/_____

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Prof. <i>58 m</i>	Ne.	Met. Bombeamento
Vazão	Nd.	Duração (hora)
Recuperação		
Início	Pf.	Conclusão

PERFURAÇÃO				REVESTIMENTO			
O	De (m)	Até (m)	Comp. (m)	O	De (m)	Até (m)	Comp. (m)
<i>m</i>		<i>58 m</i>	<i>58 m</i>	<i>m</i>		<i>16 m</i>	<i>16 m</i>

FILTRO				PRÉ-FILTRO		
O	De (m)	Até (m)	Comp. (m)	De	a	Metros
<i>m</i>		<i>0 m</i>	<i>0 m</i>	De	a	Metros
				De	a	Metros
				ISOLAMENTO		
				De	a	Metros
				De	a	Metros

ZONAS PRODUTORAL					
Zonas Aquíferas			Zonas Fraturadas (Cristalino)		
De	Até	Nível Estático	Ans (m)	Niv. Est.	Vazão L/H
<i>20 m</i>	<i>54 m</i>	<i>12 m</i>			

PESSOAL	
Perfurador	<i>Ednaldo Adailton de Lima</i>
Aux. Perf.	<i>Reginaldo Angulo de Souza</i>
Aux. Perf.	<i>Ednaldo Adailton de Lima</i>

**ANEXO B – Calendário de fornecimento de água - 71° B I MTZ – Manancial
Cabaças- São José do Belmonte Pernambuco.**

**CALENDÁRIO DE FORNECIMENTO DE ÁGUA - 71° B I MTZ - SÃO JOSÉ DO BELMONTE
PERNAMBUCO**

<i>Município atendido</i>	Capacidade do PIPA (m³)	Número Mensal de viagens de cada caminhão					Água Retirada por cada carro (m³)
		Out/19	Nov/19	Dez/19	Jan/ 20	Fev/20	
		<i>FLORES</i>	8,8	20	16	18	
<i>FLORES</i>	9,2	22	20	16	0	0	533,6
<i>FLORES</i>	10,3	18	16	16	0	0	515
<i>FLORES</i>	9,5	22	0	0	0	0	209
<i>FLORES</i>	10,2	16	15	16	0	0	479,4
<i>FLORES</i>	9,8	18	19	20	0	0	558,6
<i>FLORES</i>	9	19	20	19	0	15	657
<i>FLORES</i>	9,1	20	18	18	0	0	509,6
<i>FLORES</i>	12,5	14	13	12	0	0	487,5
<i>FLORES</i>	9,1	22	22	20	0	0	582,4
<i>FLORES</i>	9,6	16	12	12	0	0	384
<i>FLORES</i>	10,5	15	0	0	0	0	157,5
<i>FLORES</i>	9	16	10	12	15	0	477
<i>FLORES</i>	8,8	19	15	17	0	0	448,8
<i>FLORES</i>	8,1	22	19	16	0	0	461,7
<i>FLORES</i>	10,9	0	16	14	12	14	610,4
<i>FLORES</i>	8,8	0	0	15	0	21	316,8
<i>FLORES</i>	12	0	0	0	10	13	276
<i>FLORES</i>	10,7	0	0	0	17	18	374,5
<i>FLORES</i>	8,9	0	0	0	15	16	275,9
<i>FLORES</i>	9,7	0	0	0	14	13	261,9
<i>FLORES</i>	11,3	0	0	0	15	16	350,3
<i>FLORES</i>	8,7	0	0	0	14	15	252,3
<i>FLORES</i>	8,6	0	0	0	15	21	309,6
<i>FLORES</i>	8,6	0	0	0	15	18	283,8
<i>FLORES</i>	8,5	0	0	0	14	22	306
<i>FLORES</i>	9,4	0	0	0	17	20	347,8
<i>SÃO JOSÉ DO BELMONTE</i>	9,2	42	32	35	0	0	1002,8
<i>SÃO JOSÉ DO BELMONTE</i>	10,2	33	27	26	0	0	877,2
<i>SÃO JOSÉ DO BELMONTE</i>	9	34	33	0	0	0	603
<i>SÃO JOSÉ DO BELMONTE</i>	11,4	31	29	28	0	0	1003,2
<i>SÃO JOSÉ DO BELMONTE</i>	10,7	30	28	25	0	0	888,1
<i>SÃO JOSÉ DO BELMONTE</i>	9,8	38	38	33	0	0	1068,2

SÃO JOSÉ DO BELMONTE	8	44	40	40	0	0	992
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	10,4	0	0	0	26	26	540,8
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	15,9	0	0	0	23	12	556,5
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	8,8	0	0	0	25	29	475,2
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	10	0	0	0	24	29	530
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	12,6	0	0	0	22	17	491,4
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	8,9	0	0	0	26	34	534
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	12,2	0	0	0	0	27	329,4
SERRA TALHADA	9	26	26	0	0	0	468
SERRA TALHADA	8,9	32	29	30	26	32	1326,1
SERRA TALHADA	9,2	27	23	26	19	25	1104
SERRA TALHADA	8,7	29	26	28	20	27	1131
SERRA TALHADA	8,5	31	33	28	0	0	782
SERRA TALHADA	9,6	34	28	29	0	0	873,6
SERRA TALHADA	13,5	26	25	24	0	0	1012,5
SERRA TALHADA	10,2	32	31	30	0	0	948,6
SERRA TALHADA	9,9	25	22	21	0	0	673,2
SERRA TALHADA	8,1	29	26	25	22	36	1117,8
SERRA TALHADA	9	30	27	25	0	0	738
SERRA TALHADA	8,9	28	24	24	22	23	1076,9
SERRA TALHADA	9,5	30	27	30	0	0	826,5
SERRA TALHADA	9,8	31	28	26	0	0	833
SERRA TALHADA	9,9	31	25	27	22	0	1039,5
SERRA TALHADA	13,1	25	25	22	0	0	943,2
SERRA TALHADA	8,8	29	26	23	0	0	686,4
SERRA TALHADA	15,3	0	22	20	0	0	642,6
SERRA TALHADA	9,1	0	20	21	0	0	373,1
SERRA TALHADA	11,6	0	25	27	0	0	603,2
SERRA TALHADA	8,8	0	17	0	0	0	149,6
SERRA TALHADA	9,1	0	0	22	0	0	200,2
SERRA TALHADA	10,6	0	0	0	19	21	424
SERRA TALHADA	8	0	0	0	23	0	184
SERRA TALHADA	10,3	0	0	0	21	24	463,5
SERRA TALHADA	8	0	0	0	23	0	184
SERRA TALHADA	15,2	0	0	0	21	19	608
SERRA TALHADA	8,6	0	0	0	26	33	507,4
SERRA TALHADA	8,9	0	0	0	22	32	480,6
SERRA TALHADA	10	0	0	0	23	24	470

SERRA TALHADA	13,8	0	0	0	16	20	496,8
SERRA TALHADA	12,5	0	0	0	22	19	512,5
SERRA TALHADA	8,3	0	0	0	25	31	464,8
SERRA TALHADA	9,7	0	0	0	21	23	426,8
SERRA TALHADA	12,5	0	0	0	0	19	237,5
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	8,9	23	26	28	0	0	685,3
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	10,2	21	20	18	0	0	601,8
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	12,9	21	19	0	0	0	516
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	9,8	23	23	22	0	0	666,4
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	9,2	0	21	0	0	0	193,2
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	10,5	0	28	28	0	0	588
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	10	0	0	30	0	0	300
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	10,4	0	0	0	23	25	499,2
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	10,8	0	0	0	18	23	442,8
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	9,3	0	0	0	16	21	344,1
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	11,1	0	0	0	19	19	421,8
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	8,7	0	0	0	20	26	400,2
TRIUNFO	9,8	22	19	18	0	0	578,2
TRIUNFO	9,6	22	20	17	0	0	566,4
TRIUNFO	10	21	18	18	0	0	570
TRIUNFO	9,2	23	0	20	0	0	395,6
TRIUNFO	10,7	0	0	0	16	16	342,4
TRIUNFO	10,3	0	0	0	13	18	319,3
TRIUNFO	9,4	0	0	0	17	19	338,4
TRIUNFO	10,8	0	0	0	17	20	399,6
Total de água retirada (m³)							53103