



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Análise do zoneamento explotável de água subterrânea como instrumento de gestão na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte-PE

Débora Cristina Pereira Valões¹, Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral², Suyanne Monteiro de Almeida³, Aléssia de Albuquerque Pedrosa⁴, Simone Rosa da Silva⁵, Carlos Fernando Gomes do Nascimento⁶

¹ Engenharia Civil, Mestranda em engenharia civil pela Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Rua Benfica, 455, Madalena, Recife- PE, Cep: 50720-001. (81)3184-7566. dcpv_pec@poli.br. ² Docente do Mestrado em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco, Rua Benfica, 455, Madalena, Recife- PE, Cep: 50720-001. (81)3184-7566. jaime.cabral@poli.br. ³ Engenharia Civil, Mestranda em engenharia civil pela Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Rua Benfica, 455, Madalena, Recife- PE, Cep: 50720-001. (81)3184-7566. sma_pec@poli.br. ⁴ Engenharia Civil, Mestranda em engenharia civil pela Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Rua Benfica, 455, Madalena, Recife- PE, Cep: 50720-001. (81)3184-7566. aap_pec@poli.br. ⁵ Docente do Mestrado em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco, Rua Benfica, 455, Madalena, Recife- PE, Cep: 50720-001. (81)3184-7566. simonerosa@poli.br. ⁶ Engenheiro Civil, Mestrando em Ciência de Materiais pela Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife- PE, Cep: 50670-901. (81)2126-8000. carlos.fgnascimento@ufpe.br

Artigo recebido em 13/10/2021 e aceito em 20/06/2022

RESUMO

O sertão pernambucano possui características peculiares no que tange a sua relação hidrológica, tendo em vista que, o abastecimento de água nessa região é dificultoso principalmente para a realização das atividades socioeconômicas. Outrora, é identificada a necessidade de uma gestão eficiente dos recursos hídricos nesse local. Assim, o presente trabalho objetivou analisar a efetividade do zoneamento explotável de água subterrânea como instrumento de gestão na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte-PE, que atualmente passa por problemas ligados ao excesso de captação de águas do aquífero. A metodologia utilizada nessa pesquisa foi composta pela avaliação do número de poços na região, mediante as informações disponíveis no Estudo Hidrogeológico fornecido pela Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC, bem como através dos dados obtidos em consulta ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS/CPRM, juntamente com entrevistas realizadas com os proprietários de máquinas de perfuração de poços do município. Os resultados obtidos foram aferidos com o material disponibilizado pela APAC, a respeito do número de poços outorgados em São José do Belmonte, demonstrando uma gestão ineficiente do uso de águas subterrâneas.

Palavras-chave: Água Subterrânea; Gestão de Recursos Hídricos; São José do Belmonte.

Exploitable groundwater zoning analysis as a management tool in the São José do Belmonte-PE Sedimentary Basin

ABSTRACT

The hinterland represents the largest region of the state of Pernambuco, but has hydrological characteristics that make water supply difficult. From this perspective, the need for efficient management of water resources at this location is identified. Thus, the present work aims to analyze the effectiveness of the exploitable groundwater zoning as a management tool in the São José do Belmonte-PE basin, which currently faces problems related to the excessive water abstraction from its aquifers. The methodology used in this research consisted of the number of wells in the region, through the information available in the hydrogeological study provided by APAC - Pernambuco Agency for Water and Climate as well as data obtained in consultation with the Groundwater Information System. - SIAGAS / CPRM, along with interviews with owners of well drilling rigs in the municipality. The results obtained were measured with the material provided by the Pernambuco Water and Climate Agency - APAC, regarding the number of wells granted in São José do Belmonte, demonstrating an inefficient management of groundwater use.

Keywords: Groundwater; Water Resources Management; São José do Belmonte.

Introdução

No decorrer da história, o homem utiliza dos recursos naturais disponíveis sem avaliar os impactos provenientes desse comportamento, pois,

a prática de exploração de águas subterrâneas faz parte dessa problemática, de modo que essa atividade confronta a subsistência do meio

ambiente, devido ao fato os recursos hídricos serem limitados. O crescimento populacional, as mudanças climáticas, o aumento do uso do solo para fins agrícolas e os grandes centros urbanos, são fatores que devem ser levados em consideração nas políticas que visam a sustentabilidade hídrica (Chambel, 2018). Segundo a Unesco (2018), além dos problemas citados anteriormente, desastres relacionados com a água contabilizam 90% dos riscos naturais.

A água consiste em um recurso essencial para garantir a manutenção da população e promover o desenvolvimento das cidades (Souza, Moraes, Santo e Sonoda, 2014), compondo a principal fonte de abastecimento urbano do planeta, onde dos 2,5% correspondente a água doce existente no mundo, a maior parte encontra-se em condições de difícil acesso (69%), já 30% desse volume é equivalente as águas subterrâneas e apenas 1% estão disponíveis em rios e lagos (ANA, 2018). A relevância desses dados é observada diante da quantidade significativa de água doce sujeita à exploração irregular, contaminação, uso indevido e desperdício.

No Brasil, o uso de águas subterrâneas foi intensificado em regiões onde o fornecimento de água potável é extremamente precário ou ineficaz. De acordo com Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas - *United Nations World Water Assessment Programme* (Unesco, 2017), dois terços da população mundial vivem em regiões que enfrentam períodos de escassez de água por, pelo menos, uma vez no ano. É diante dessa condição, que parte da população utiliza das águas subterrâneas como forma alternativa de abastecimento de água para diversos fins. Na região nordeste do Brasil, conhecida pela irregularidade e pouca chuva, a água tem papel importante no desenvolvimento econômico e na subsistência da população (Braga et al., 2018).

O Sertão representa 70% do território pernambucano, distribuídos em 6 microrregiões: Sertão Central, Sertão de Itaparica, Sertão do Araripe, Sertão do Moxotó, Sertão do Pajeú e Sertão do São Francisco (Lima e Gatto, 2014). A região tem sua produção agropecuária baseada principalmente na agricultura familiar, sendo assim, é necessário a adoção de políticas que promovam estratégias permanentes de proteção contra os efeitos das irregularidades climáticas, já que a água aparece como um elemento essencial para o desenvolvimento de tais atividades (Silva, Dantas, Gurjão e Siqueira, 2014). Segundo Nunes, França, Lima e Medeiros (2018), a agricultura aparece no sertão como uma de suas principais

atividades econômicas desenvolvidas, em que os mercados institucionais e as feiras-livres apresentam-se como alternativas recentes para diversificar a agricultura familiar e dinamizar a economia local e regional.

Para Azevedo (2012), a gestão do uso de recursos hídricos no Brasil reflete as diferentes realidades políticas, sociais e econômicas de um país. Em algumas regiões com escassez de água, como no Sertão, existem ainda dois agravantes relacionados à gerência de recursos hídricos, que são a irregularidade das chuvas, trazendo o agravamento das secas, e o descaso aos planos de gerência hídrica devido à ausência de fomento as práticas e a formação de órgãos gestores. Ainda segundo o autor, a região é caracterizada por apresentar um regime de precipitação irregular em que a escassez de água sempre foi um problema não solucionado, mesmo com os investimentos realizados pelo governo. Dessa forma, as incertezas a respeito da disponibilidade e qualidade da água geram insegurança quanto a tomada de decisões políticas que visem o desenvolvimento agropecuário e socioeconômico, sendo necessário um planejamento e gestão de recursos hídricos que objetive atender os moradores de forma permanente. Segundo De Almeida (2019) é necessário o uso de técnicas eficientes para a gestão hídrica, como por exemplo a utilização de instrumentos econômicos como forma de incentivar o uso consciente da água através de leis ou políticas públicas. Ferramentas que avaliem a situação das águas subterrâneas antes do esgotamento não é exagero e sim importantes sistemas para evitar a superexploração dos aquíferos (Roedel e De Oliveira, 2021).

O desafio da gestão de recursos hídricos passa por soluções que visem o embasamento técnico e seguro para o direcionamento dos investimentos e o melhor aproveitamento dos recursos naturais (Rios e Rabelo, 2021). A água subterrânea não é utilizada apenas para suprir as necessidades diárias do homem, mas também nas atividades socioeconômicas (Lima, 2021). A utilização dos recursos hídricos subterrâneos, então, se torna uma importante ferramenta para o enfrentamento da seca na região, promovendo a subsistência da comunidade e a permanência do desenvolvimento de suas atividades econômicas, valendo ressaltar a necessidade de estudos que visem avaliar a qualidade da água nas regiões com características distintas, como solo e clima, destinada principalmente para o consumo humano (Braga, Aquino, Freitas e Mendes, 2018). É importante o conhecimento das reservas hídricas,

principalmente no auxílio a gestão e uso racional da água (Silveira, 2020).

Nas últimas décadas, diante da possibilidade de escassez dos recursos naturais e após o surgimento do contexto de leis que regulamentam o uso do meio ambiente, essa questão se encontra no centro das atenções da sociedade moderna (Gomes e Pereira, 2020). A temática da disponibilidade hídrica ganhou espaço no final do século XX, participando de importantes debates, no âmbito nacional e internacional, com relação aos meios de garantia de quantidade e qualidade hídrica, bem como as formas de utilização sustentável (Ribeiro e Rolim, 2017). A gestão desses recursos baseia-se em princípios, regras e procedimentos que auxiliam na tomada de decisões referentes aos interesses dos usuários de água de uma região (Ramos, 2021). Segundo Reis (2018) esses princípios e ações citados anteriormente são refletidas pelos preceitos da legislação vigente. A gestão funciona como um bom instrumento para atingir o adequado funcionamento dos sistemas ambientais (De Medeiros, Farto, Junior, 2021).

Segundo Castro, Taleires e Silveira (2021), a água tratada e o esgotamento sanitário estão ligados a saúde populacional, e tratam-se de serviços essenciais a vida. As populações da zona urbana, bem como a população rural, devem receber ações ligadas ao abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto. Segundo os mesmos autores, o Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR), surge como uma ferramenta importante para o desenvolvimento e bem-estar do homem do campo.

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. Segundo Ranieri, Pegler, Nunes e Septanil (2022), essa ferramenta envolve a

população local na preservação do meio ambiente e no aumento na base de dados para realizações de estudos e pesquisas científicas. Esse instrumento pode ser de grande impacto para o monitoramento de Poços em São José do Belmonte, visto a pouca de informação dos recursos subterrâneos nessa região

Em face desse cenário, é identificado a importância relacionada à gestão dos recursos hídricos disponíveis no mundo, inclusive em Pernambuco. Dessa forma, o presente trabalho possui o objetivo de analisar a efetividade do zoneamento explotável de água subterrânea como instrumento de gestão na bacia sedimentar de São José do Belmonte situada no Estado de Pernambuco, que atualmente passa por problemas ligados ao excesso de captação de águas do aquífero em razão da perfuração excessiva de poços, sem respeito ao limite mínimo exigido.

Material e métodos

Localização da área de estudo e Aspectos fisiográficos da bacia de São José do Belmonte.

A área de estudo está geograficamente localizada no interior do nordeste brasileiro, situada no Estado de Pernambuco. A Bacia Sedimentar de São José do Belmonte está referenciada 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 de Pernambuco. A bacia é delimitada pelas coordenadas geográficas de 7° 43' a 9° 02' de latitude Sul e 38° 30' a 38° 58'' de longitude Oeste, conforme é apresentado na Figura 1. Sua área total corresponde a cerca 750 km², sendo possível o acesso pela rodovia federal BR-232 e em seguida, pela rodovia estadual PE-420 (Costa, Costa Filho e Santos, 2006).

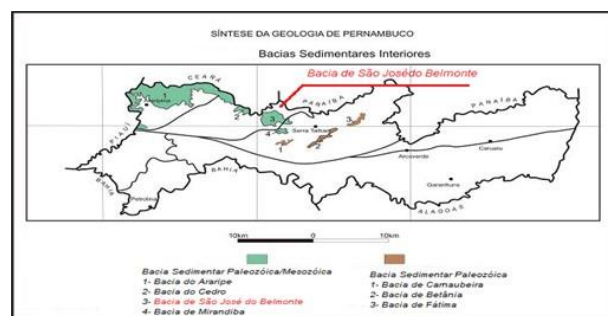


Figura 1. Localização da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte.

Fonte: Adaptado de Departamento Nacional de Produção Mineral, 2007, apud Gomes et al, 2001.

Clima

O clima da região é caracterizado pelo tropical quente, com chuvas de verão, com ciclos que se iniciam no mês de janeiro e vão até o mês abril. A temperatura possui média anual acerca dos 23°, onde no período de inverno variam entre 19°C

e 22°C e para o período de verão entre 24°C e 26°C (Costa, Branco, Lucas, Maranhão, e Santos, 2006). As precipitações pluviométricas que influenciam nessa bacia são representadas pelos dados apresentados na Figura 2.

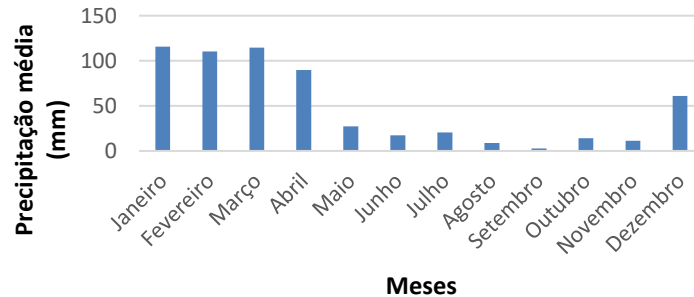


Figura 2. Médias mensais nos postos pluviométricos de São José do Belmonte de 2000 a 2018.

Fonte: Associação Pernambucana de Águas e Clima [APAC] (2019).

Hidrografia

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. 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, Branco, Lucas, Maranhão, e Santos, 2006).

Vegetação

A vegetação nativa da região é predominante de Caatinga hiperxerófila, variando de rala nos altiplanos até fechadas e copadas nos vales fluviais (Prefeitura de São José do Belmonte, 2017). A área demonstra-se próspera para o cultivo, abrangendo desde a agricultura de subsistência até a agricultura comercial, bem como apresenta espaço para árvores frondosas (Costa, Branco, Lucas, Maranhão, e Santos, 2006).

Hidrogeologia da Região

Segundo os estudos realizados por Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006), a bacia sedimentar de São José do Belmonte ocupa uma área de 750 km², apresentando intensa variação em decorrência do tectonismo que atuou na região ocasionando a existência de blocos elevados e rebaixados com alta variação. Existe na região

formações sedimentares que podem atuar como aquíferos, aquitardes ou aquícludes, como as formações de Tacaratu e Sergi, que atuam como aquífero, e a formação Aliança que irá atuar como um aquíclude ou aquitarde. Como na maior parte da região é encontrada a formação Tacaratu, esse constitui o principal aquífero da bacia e o que mais apresenta participação quando comparado com os demais.

O aquífero Tacaratu possui boa porosidade em função da sua granulometria grossa, apesar de apresentar algumas intercalações argilosas que alteram a condutividade hidráulica. Esse aquífero ocorre em praticamente toda a bacia, e mesmo que esteja coberto por outras formações arenosas, os poços perfurados tendem a atravessar essa cobertura, atingindo o aquífero onde se tem as melhores condições de captação de água subterrânea. A maioria dos poços presentes na região ocorrem nesse aquífero, podendo ou não apresentar revestimentos de proteção dependendo do risco de desmoronamento dos sedimentos (Costa, Branco, Lucas, Maranhão, e Santos, 2006).

Aspectos geológicos

Segundo Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006), a formação geológica predominante na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte corresponde principalmente a formação Tacaratu, caracterizada por uma diagênese fraca, composição granulométrica mais grosseira e o comportamento como de porosidade primária. A sequência sedimentar da bacia é formada predominantemente pelos arenitos da formação

Tacaratu que ocorrem numa extensão de cerca de 750 km².

A formação Tacaratu é formada por arenitos de coloração amarelada ou avermelhadas, de granulação grossa, com seixos arredondados de quartzo e feldspato presentes numa matriz argilosa bastante compactada, cuja espessura varia entre 100 e 250 m ao longo da bacia de São José do Belmonte, e bastante sensível a atuação tectônica que originou boa parte da formação grabens, como o Graben do Arrudeiro, Graben do Urubu e Graben da Várzea. A formação Tacaratu é caracterizada litologicamente por uma sequência arenosa de arenitos grosseiro, conglomeráticos e níveis de conglomerados (Costa, Branco, Lucas, Maranhão, e Santos, 2006).

A formação Aliança, também presente na região, é caracterizada por sedimentos pelíticos de composição argilosa, constituídas por folhelhos, argilitos e siltitos de cores amarronzadas, avermelhadas ou esverdeadas. Essa formação é bem identificada nos grabens da Várzea, Aroeiras e Urubu. Os sedimentos de cobertura presentes na região são de idade bem mais recente e resultaram do processo de desintegração dos arenitos através do intemperismo. O papel desempenhado por essa formação é bastante relevante para o processo de recarga dos aquíferos da região pois está apresenta materiais porosos e permeáveis que conseguem absorver boa parte da água que precipita. A região, em relação ao embasamento cristalino, foi afetada por deformações dúcteis e rúpteis caracterizadas pela presença de dobras e falhas, respectivamente (Costa, Branco, Lucas, Maranhão, e Santos, 2006).

Segundo Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006), o zoneamento de exploração das águas subterrâneas na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte foi realizado levando em consideração algumas características como: formações geológicas perfuradas, profundidade do nível hidrostático, espessura do pacote sedimentar, qualidade da água, nível atual de exploração e concentração de poços. O estudo realizado por Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006) no local, elaborou-se o mapa de zoneamento explotável (encontrado na Figura 3) contendo cinco zonas principais (citadas abaixo) das quais duas delas se subdividem em mais três regiões. Zona A: caracterizada por possuir a espessura do pacote sedimentar maior que 200m. Essa região se subdivide em mais três zonas (A_1 , A_2 e A_3) diferenciadas pela profundidade do nível de água e pela quantidade de resíduo seco encontrado.

- Zona B: caracterizada por possuir a espessura do pacote sedimentar entre 100 e 200m. Essa região também é subdividida em mais três zonas (B_1 , B_2 e B_3) diferenciadas pelas mesmas características da zona A;
- Zona C: caracterizada por possuir um pacote sedimentar inferior a 100m e nível da água inferior a 60m;
- Zona D: caracterizada por possuir a maior concentração de poços com interferências múltiplas entre si e;
- Zona E: caracterizada por possuir áreas com alta salinização das águas.

Zoneamento explotável de água subterrânea

CONVENÇÃO E CONDIÇÕES DE USO

ZO-NA	FORMA-ÇÃO	ESPESS. SEDIM. (m)	Prof. NE (m)	R.S. (mg/L)	LIMITAÇÃO DE USO	CONDIÇÕES DE USO	
						VAZÃO MÁX. DIÁRIA (m ³ /d)	DISTÂNCIA ENTRE POÇOS
A1	SDt	> 200	< 60	< 250	Nenhuma	360	200
A2	SDt	> 200	> 60	< 250	Profundidade elevada do nível estático	360	200
A3	Ja/SDt	> 200	< 60	250 a 500	Salinidade e presença de argila	240	200
B1	SDt	100 a 200	< 60	< 250	Nenhuma	240	200
B2	SDt	100 a 200	> 60	< 250	Profundidade elevada do nível estático	240	200
B3	Js/Ja/SDt	100 a 200	< 60	500 a 1.000	Salinidade e presença de argila	120	200
C	SDt	< 100	< 60	< 250	Reduzida espessura	120	100
D	Ja/SDt	100 a 300	< 60	250 a 2.000	Forte interferência múltipla	120	500
E	Ja/SDt	100 a 300	< 60	500 a 10.000	Elevada salinização	120	500

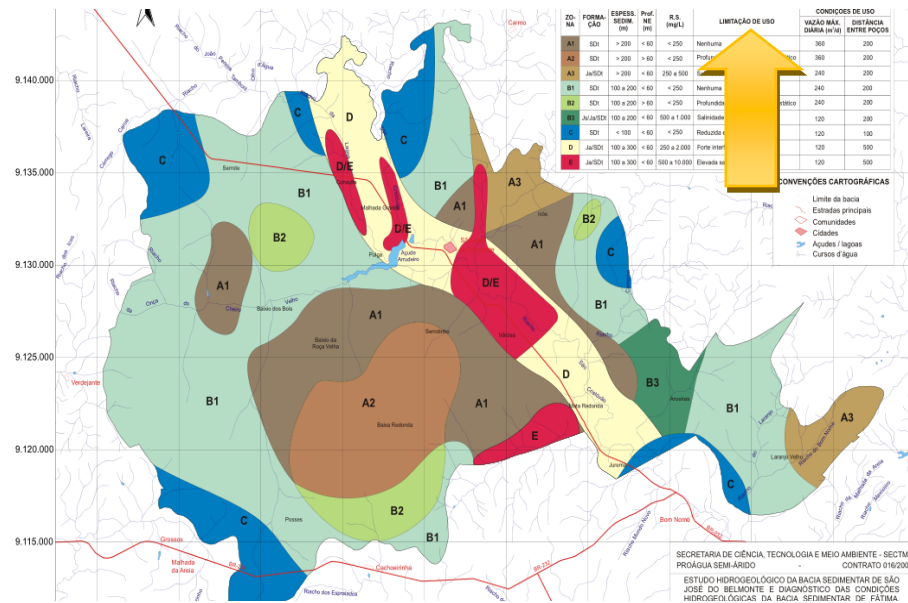


Figura 3. Mapa de zoneamento explorável da bacia sedimentar de São José do Belmonte-PE.

Fonte: Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006).

As zonas A, B e C praticamente não apresentam restrições quanto ao uso da água, já nas zonas D e E concentram-se os problemas existentes quanto a exploração da água subterrânea. Na zona D, a alta concentração de poços vem gerando uma redução na reserva permanente do aquífero, principalmente pelo intenso uso para a irrigação.

As restrições de uso na zona E visam a preservação do aquífero quanto a existência de uma super-exploração que venha a elevar mais ainda a salinização da área. Sendo assim, Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006) estabeleceram algumas restrições para os novos poços que serão perfurados no local, mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das zonas do mapa de zoneamento explorável da bacia de São Jose do Belmonte-PE.

ZONA	Espessura dos sedimentos (m)	Profundidade do N.E (m)	Vazão máxima diária (m³)	Distância entre poços (m)
A1	>200	<60	360	200
A2	>200	>60	360	200
A3	>200	<60	240	200
B1	100 a 200	<60	240	200
B2	100 a 200	>60	240	200
B3	100 a 200	<60	120	200
C	<100	<60	120	100
D	100 a 300	<60	120	500
E	100 a 300	<60	120	500

Fonte: Adaptado de Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006).

Aspectos legais e institucionais de gestão hídrica em Pernambuco

No Estado de Pernambuco, a legislação referente a gestão de recursos hídricos iniciou-se com a Política Estadual de Recursos Hídricos, a Lei

n. 11.426 (1997); após, foi revogada pela Lei n. 12.984 (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 segunda legislação sobre a gestão de água em Pernambuco é a Lei n. 11.427 (1997), e seu decreto regulamentador, Decreto n. 20.423 (1998) referente a conservação e proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco.

O órgão responsável em realizar a gestão dos recursos hídricos de Pernambuco é a APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima), concebida pela Lei nº 14.028 (2010), responsável pela gestão das águas superficiais e subterrâneas do Estado. Contudo, outra instituição atuante é o CPRH (Companhia Pernambucana do Meio Ambiente), que visa avaliar o impacto ambiental através do licenciamento para perfuração de poços conforme as atribuições na Lei n. 11.516 (1997), sobre licenciamento ambiental e infrações ao meio ambiente, alterada pela Lei n. 11.734 (1999), e revogada pela Lei n. 12.916 (2005). Assim, 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. Ademais, é um instrumento de gestão disposto na Lei n. 12.984 (2005), porém, antes a outorga já havia sido implementada em Pernambuco desde a Lei n. 11.426 (1997).

Coleta de dados

O objetivo principal do trabalho foi fornecer subsídios para implementação de uma gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos, em função da exploração desordenada nas bacias hidrográficas no Estado. As informações apresentadas neste trabalho foram obtidas através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), CPRM e coletas através de dados em campo. A APAC disponibilizou um estudo hidrogeológico da Bacia Sedimentar de São José do Belmonte (Costa, Branco, Lucas, Maranhão, e Santos, 2006) e também foi realizada uma consulta no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS/CPRM. No Estudo foram identificados dados de 920 poços (sendo que 563 já se encontravam na base de dados da CPRM) e determina como já citado o mapa de zoneamento explotável da região, juntamente com os ensaios físico-químicos para avaliar a qualidade da água dos poços.

A fim de saber se houve alguma atualização de cadastro depois do ano de 2006 foram identificados 1.756 registros, constando no cadastro algumas informações importantes, como por exemplo, as coordenadas geográficas dos poços. Os resultados são apresentados na Figura 4 a seguir:

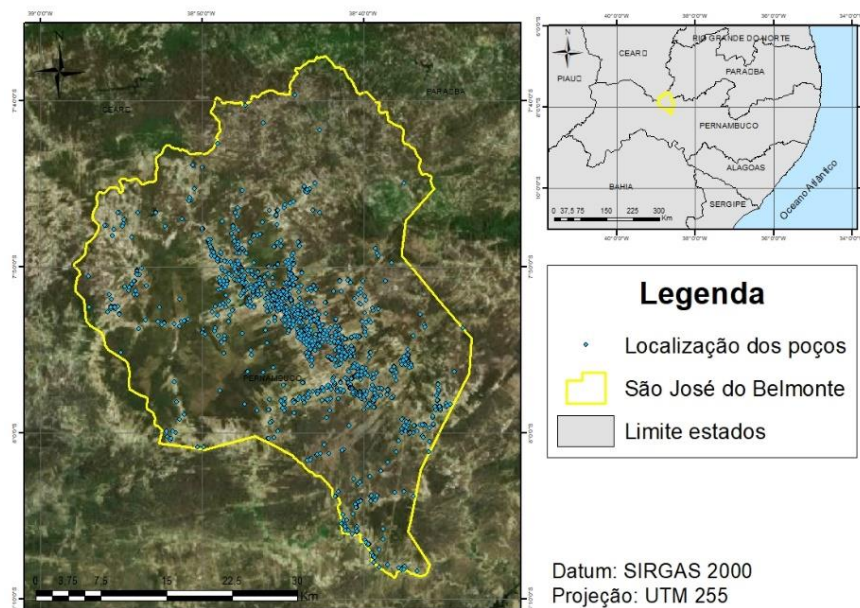


Figura 4. Localização dos poços coletados pelo SIAGAS.

No estudo realizado em 2006, objetivou-se analisar uma gestão adequada de recursos hídricos, tendo em vista os atuais níveis de exploração desordenada nas bacias do interior de Pernambuco. Assim a justificativa do presente artigo visa avaliar

se a situação se modificou muito desde 2006 e como subsídio buscamos bancos de dados do governo, também foi feito um levantamento dos proprietários de máquinas de perfuração de poços no município de Belmonte totalizando sete

empresas que realizam essa atividade, apresentado na Tabela 2. Através de uma entrevista, os empresários responderam algumas perguntas com a finalidade de descobrir a média de perfurações

feitas na região. Infelizmente houve dificuldade na obtenção desses dados, por receio para com os clientes, devido as penalidades pelo uso irregular da água subterrânea exigida.

Tabela 2. Identificação dos poços perfurados após 2006.

Empresa	Nº de Poços	Ano da Perfuração
Prefeitura Municipal	77	2007 a 2019
Empresa A	37	2018 a 2019
Empresa B	20	2019
Empresa C	81	2016 a 2019
Empresa D		Não forneceu
Empresa E		Não forneceu
Empresa F		Não forneceu
Total	215	

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, e que, segundo Costa, Branco, Lucas, Maranhão e Santos (2006), a profundidade média dos poços seja em torno dos 100 metros, 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. Vale a pena destacar a empresa B, que trabalha na localidade há mais de doze anos e afirmou, no decorrer da entrevista, que pelos seus cálculos e experiência, a região tenha em torno de oito mil poços.

As empresas também não realizam o teste de vazão e algumas nem sequer registram a quantidade de poço que perfurou durante os anos. A Prefeitura Municipal de São José do Belmonte foi o único órgão que apresentou o relatório de perfuração, 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. Valendo ressaltar que esse documento não é feito para todos os poços perfurados pela prefeitura.

Análise dos dados

A matriz GUT é uma ferramenta de qualidade e tem como objetivo priorizar as ações

para soluções de problemas de acordo com as alternativas observadas nas análises mais complexas (Nascimento; Santos; Almeida, 2018). O método foi desenvolvido pelos pesquisadores Charles Kepner e Benjamin Tregoe, em 1981, onde a principal finalidade dessa ferramenta é qualificar e priorizar conjuntos de ações racionais levando em consideração a gravidade, a urgência e a tendência como parâmetros nas tomadas das ações e no auxílio de estratégias (Fernandes, 2015).

Na matriz GUT, é necessária a identificação dos problemas e, que os mesmos, sejam analisados atribuindo-se valores de 1 a 5 para as características: gravidade, urgência e tendência. Os pontos da escala GUT atribuídos a cada problema são multiplicados, dando origem a um valor resultante. Assim, as ações de gerenciamento podem ser pautadas segundo os valores máximos obtidos (Fáveri e Silva, 2016; Martins et al., 2017;).

Assim, é importante a utilização dessa ferramenta para priorização na resolução de problemas ambientais, levando em consideração as ações que devem ser tomadas para minimizar os problemas com perfurações de poços na região de São José do Belmonte/PE, numa perspectiva rural de acordo com o (Quadro 1). Além disso, mitiga os problemas ambientais com a inserção do urbanismo participativo e colaborativo dos moradores através do estímulo a participação coletiva no processo de melhoria.

Quadro 1. Variáveis consideradas na Matriz GUT.

SIGLA	CLASSIFICAÇÃO	CONCEITO
G	GRAVIDADE	Representa o impacto do problema caso ele venha a acontecer. É analisado sobre alguns aspectos, como: tarefas, pessoas, resultados, processos, organizações etc. Verifica-se sempre seus efeitos a médio e longo prazo, caso o problema em questão não seja resolvido.
U	URGÊNCIA	Representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema analisado. Quanto maior a urgência, menor será o tempo disponível para resolver esse problema. É recomendado que seja feita a seguinte pergunta: “A resolução deste problema pode esperar ou deve ser realizada imediatamente?”.
T	TENDÊNCIA	Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade de o problema se tornar maior com o passar do tempo. É a avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. Recomenda-se fazer a seguinte pergunta: “Se eu não resolver esse problema agora, ele vai piorar pouco a pouco ou vai piorar bruscamente?”.

Fonte: Adaptado de Periard, (2011).

Para esse estudo e para melhor compreensão dos resultados foi aplicado o método GUT, atribuindo a pontuação de acordo com o (Quadro 2), obedecendo aos critérios de gravidade “G”, urgência “U” e tendência “T” de cada problema encontrado, efetuando a multiplicação

dos fatores determinísticos ($G*U*T$). A partir dessas pontuações, foi possível catalogar as incidências inadequadas em uma matriz de priorização, facilitando a análise dos dados obtidos e as tomadas de decisões corretivas e preventivas.

Quadro 2. Pontuação do método GUT.

PONTOS	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de decisão	Proporção do problema no futuro
5	Prejuízos extremamente graves	É necessária ação imediata	Se nada for feito, agravamento imediato
4	Muito graves	Com alguma urgência	Vai piorar a curto prazo
3	Graves	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco graves	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar

Fonte: Adaptado de Martins et al, 2017.

Outorga da água subterrânea da bacia sedimentar de 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.

Tabela3. Outorga para uso da água 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.

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 e Figura 5 que metade da água é utilizada para o abastecimento rural e irrigação, sendo que 20,35% é utilizado simultaneamente para

abastecimento rural e irrigação, 8,58% para o uso doméstico/irrigação/animal e 8,28% exclusivamente para irrigação. Somando a porcentagem do abastecimento animal e pecuária com os apresentados anteriormente, conclui-se que 52,04% da água é utilizada para fins rurais.

Tabela 4. Uso da água em São José do Belmonte

Tipo de Uso	nº de poços	%
Abastecimento Doméstico	133	19,33%
Abastecimento Animal	95	13,81%
Doméstico/Irrigação	140	20,35%
Industrial	9	1,31%
Múltiplo	20	2,91%
Abastecimento Urbano	166	24,13%
Doméstico/Irrigação/Animal	59	8,58%
Irrigação	57	8,28%
Outro	2	0,29%
Pecuária	7	1,02%
Total	688	

Fonte: SIAGAS (2019).

Existem relatos no estudo Hidrogeológico realizado em 2006, que dos 920 poços cadastrados, 253 poços estavam desativados. Alguns temporariamente por quebra de equipamentos de bombeio e outros definitivamente por motivos mais

variados. No decorrer da pesquisa, foi feita uma nova avaliação dos diferentes usos das águas subterrâneas, mas já foi possível observar nas visitas em campo, uma maior quantidade de poços na zona rural (Figura 5).

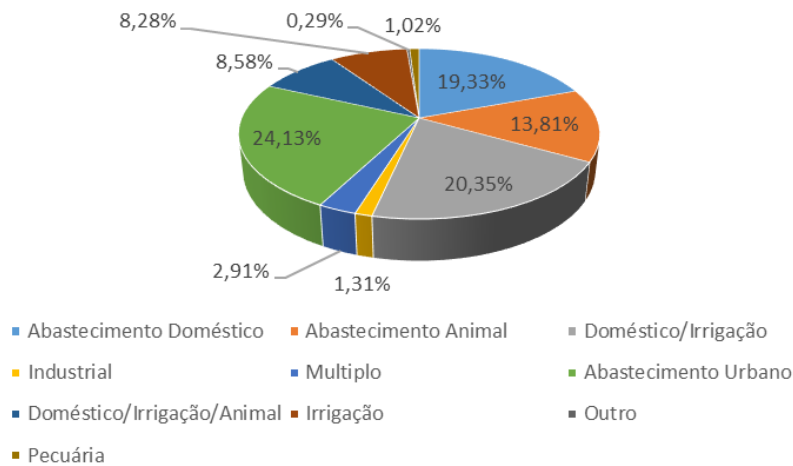


Figura 5. - Distribuição do Uso da Água de Poço.
Fonte: Siagas (2019).

Resultados e discussão

Comparando a gestão de águas subterrâneas com as águas superficiais, observa-se que existe uma dificuldade maior no primeiro caso (Prado, 2020), visto que a invisibilidade da água dificulta o entendimento do seu comportamento diante os usuários e gestores. Uma das alternativas de interação entre governo e cidadão seria a comunicação através do uso das novas tecnologias. Dessa maneira, a criação ferramentas específicas para a governança sustentável das águas subterrâneas podem ser divulgadas em todos os setores como por exemplo grupos sociais e ambientais, escolas, ONGs, governo e pesquisadores (Mukhtarov et al, 2018). A educação ambiental, sem dúvida é uma valiosa ferramenta para um futuro sustentável (D'elia, Arruda, Bulbovas, 2020), sendo abordada na pesquisa a importância da participação da população na preservação dos recursos naturais, especificamente das águas subterrâneas. É importante que todos os estudos hidrogeológicos, leis e outras medidas de gerenciamento sejam divulgados aos usuários, como forma de gerenciamento e preservação dos recursos hídricos.

A falta de planejamento para o gerenciamento dos recursos hídricos afeta diretamente as fontes superficiais de água (rios, lagos, açudes, córregos) e os mananciais subterrâneos, onde a baixa infiltração faz com que os aquíferos não sejam abastecidos (Guedes, De Araújo, De Andrade, 2021). O gerenciamento adequado permite que o usuário tenha uma maior

segurança e estabilidade do suprimento de água, auxiliando na redução dos impactos relacionados aos recursos hídricos, como por exemplo seu esgotamento (Ross, 2018). As ferramentas que aproximam os usuários de águas subterrâneas e os técnicos ainda não são estruturados e eficientes (Borges, 2021), observando o comportamento da população belmontense, notamos a falta de conhecimento em relação a conceitos básicos de proteger o poço de contaminação, até os mais complexos, como a existência de um mapa de zoneamento explotável no município.

O efeito da escassez hídrica na zona rural é sentido em uma proporção maior quando comparado a urbana (Leite et al., 2021), devido à ausência de estruturas de abastecimento e atendimento precário de água. Uma das alternativas é a captação de água subterrânea (Pinheiro, 2020), onde a perfuração excessiva de poços faz com que os impactos nos aquíferos atinjam grandes proporções, como por exemplo comprometimento da água disponível e contaminações (Alves Junior, 2021). O desconhecimento da importância das águas subterrâneas faz com que sua extração seja realizada de forma incorreta, influenciando de forma direta na manutenção desses mananciais (Lins et. al., 2020).

Ao final do estudo hidrogeológico de 2006 na região de Belmonte, a empresa contratada apresentou as seguintes recomendações:

- Instalação de sensores telemétricos para o monitoramento da exploração do aquífero;

- Atualizar a cada três anos, estudos geológicos na região;
- Controlar a perfuração de novos poços, obedecendo o mapa de zoneamento explorável, quando for emitir outorgas;
- Exigir dos perfuradores de poços da região o acompanhamento de um geólogo, para que ao final de cada perfuração, seja emitido um relatório contendo todos os dados, como por exemplo o teste de vazão, perfil geológico, bem como uma análise físico-química da água utilizada.

Durante a realização do presente artigo, ocorreram visitas em campo onde pode-se observar que nenhum dos itens citados acima estão sendo atendidos de forma satisfatória no município, e que

a exploração desenfreada da água subterrânea continua sem controle, gerando riscos ao aquífero.

Um exemplo é a região conhecida como loteamento Jurema, localizado na zona rural de São José do Belmonte. Observou-se 18 residências, distribuídas em lotes de aproximadamente 0,80 hectares, mostrados na Figura 6. Foram apontados no local 13 poços, praticamente um ao lado do outro, sem respeitar a distância mínima identificada no zoneamento 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, criação de animais, plantação de fruteiras e capim.



Figura 6. Localização dos poços no loteamento Jurema.

Os moradores da região, são hipossuficientes, não apresentando condição financeira suficiente para escavação de poços. Logo, as perfurações de lá provenientes são resultantes de ajuda política. Alguns proprietários não têm condições sequer de comprar os equipamentos para fazer a ligação do poço para o reservatório em sua residência, e acabam deixando o poço aberto, sem proteção, sujeito a contaminação do aquífero, conforme a Figura 7.

As Figuras 8(a) e 8(b) são de poços de propriedades vizinhas, ou seja, não obedecem às restrições de zoneamento impostas em relação às distâncias mínimas. A Figura 9 representa o primeiro poço da região. A Figura 10 apresenta dois poços em uma mesma propriedade, o primeiro, poço nº 2, não deu água, e o segundo, poço nº 3, secou após a perfuração excessiva e exploração da água subterrânea na região.



Figura 7. Poço nº 11 sem proteção aumentando os riscos de contaminação do aquífero

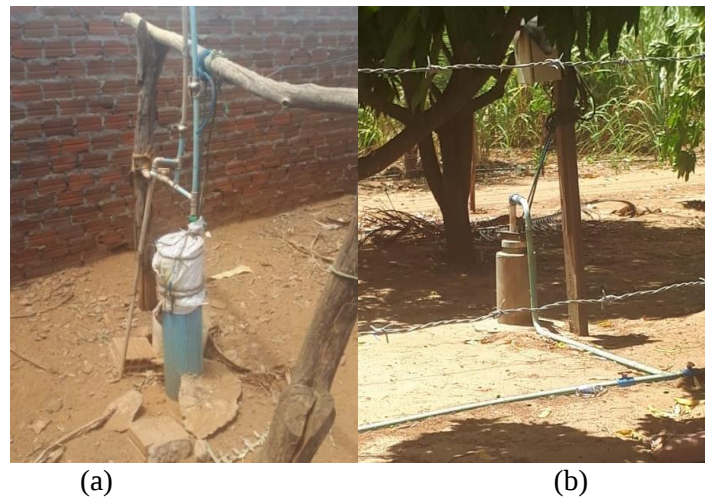


Figura 8. Poços de nº 9 (a) e nº 10(b) perfurados em locais vizinhos.



Figura 9. Primeiro poço escavado do loteamento (poço nº 5).



Figura 10. Poços nº 2 e nº 3 localizados numa mesma propriedade.

A utilização do Método GUT é uma das ferramentas essenciais para classificação dos problemas que ocorrem para regularização de problemas com distribuição de água nos municípios. No (Quadro 3), pode-se observar quais os critérios que foram levados em consideração, afim de avaliar os problemas recorrentes frente as perfurações realizadas de forma inadequada.

Esses critérios são subjetivos e, portanto, considerados conforme as características do local estudado, sendo cada fator classificado individualmente para possíveis tomadas de decisões. Devido à falta de conhecimento dos moradores locais quanto a legislação e, sobretudo, em relação perfuração de poços, sabe-se que a

região em estudo passa por diversos problemas quanto a distribuição de água.

Quadro 3. Variáveis para avaliação do diagnóstico.

SEGUIMENTO	VARIÁVEIS DETERMINANTES PARA A AVALIAÇÃO DO DIAGNÓSTICO	G	U	T	PONTUAÇÃO
PERFURAÇÕES DE POÇOS	Contaminação dos aquíferos	5	5	5	125 (grau 1)
	Distância mínima quanto as perfurações realizadas na mesma região	5	5	5	125 (grau 1)
	Utilização de sensores telemétricos	5	5	5	125 (grau 1)
	Contaminação do solo	4	5	5	100 (grau 1)
	Comprometimento da saúde	5	4	4	80 (grau 2)
	Rebaixamento do aquífero	5	4	4	80 (grau 2)
	Controle das perfurações de poços	5	4	4	80 (grau 2)
	Educação ambiental/ atuação social	4	5	4	80 (grau 2)
	Déficit de crescimento local	4	5	4	80 (grau 2)
	Análise físico-química da água	5	4	3	60 (grau 3)
	Uso do Mapa de Zoneamento Explorável	4	4	3	48 (grau 3)

Observando os valores obtidos na análise, os mesmos foram representados em uma escala de classificação variando de 40 a 100, sendo 40 o menor valor (grau 3); 50 sendo considerado um dado intermediário (grau 2); 100 o maior valor (grau 1). Assim, com as variáveis consideradas no estudo foi possível priorizar os problemas destacados e discutir sobre cada um deles.

De acordo com os dados obtidos no (Quadro 3), observa-se que a contaminação dos aquíferos e a distância mínima frente as perfurações inadequadas, obtiveram maiores pontuações, cerca de 125 pontos, pois esses fatores são oriundos da falta de gestão na região quanto a distribuição adequada das distâncias dos pontos perfurados. Estas variáveis, portanto, são classificadas como (grau 1).

Segundo Silva Augusto et al., (2012), os sistemas de distribuição, normalmente, representam cerca de 50% dos custos relativos ao abastecimento total da área. Quando se trata de regiões com distribuições de água local, observou-se que 96% dos poços levantados não respeitaram a distância mínima de 500 metros até o outro ponto de água perfurado, ou seja, os pequenos agricultores passam por um processo de readaptação para economia de água.

Para minimizar esses problemas, seriam necessários a utilização de sensores telemétricos, pois numa escala de priorização, esse fator é classificado na escala 1, com 125 pontos. Assim, o objetivo principal desse equipamento é utilizado para monitorar os níveis estático e dinâmico, da condutividade e da vazão. De acordo com os

estudos realizados por Costa et al., (2006), os poços da região em estudo devem ter uma vazão, no mínimo, 120 m³/d. Esses dados não corroboraram com os obtidos nesse estudo, pois foi constatado para os poços levantados, uma vazão 70% menor. Isso ocorreu porque a água é utilizada em pequenas atividades como irrigação de plantas frutíferas e criação de animais de pequeno porte.

Sabendo que os agricultores utilizam a água do poço para realizarem suas atividades, a questão com a saúde e o déficit do crescimento local são dois fatores classificados entre as escalas de (grau 1) e (grau 2), pois esses problemas podem comprometer a questão ambiental e educacional dos agricultores, uma vez que não se há incentivo para essas ações. Estes seguimentos possuem 80 pontos frente a análise de prioridades da matriz GUT.

Para melhor representar os dados obtidos e, a partir dos valores obtidos através da análise qualitativa quanto a utilização da ferramenta GUT, foi realizada uma análise estatística através de ANOVA método (fator único), levando em consideração apenas uma variável em análise (*perfurações adequadas dos poços*). Observou-se que os resultados são estatisticamente diferentes de acordo com o P-valor que foi inferior a 5% e $F(114,18) > F_{\text{crítico}}(2,83)$. Quando há este comportamento, verifica-se que os dados são significativos, com uma relação entre as variáveis independentes e dependentes. Os resultados podem ser avistados no (Tabela 5).

Tabela 5 – Teste ANOVA fator único para análise de variáveis.

Fonte da variação	SQ	ql	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	59480,09	3	19826,7	114,1852	1,19E-19	2,838745
Dentro dos grupos	6945,455	40	173,6364			
Total	66425,55	43				

No intuito de afirmar os dados apresentados e os resultados obtidos, foram escolhidas as variáveis que tiveram pontuação de 125 com (grau de prioridade 1) e sabe-se que a distância de perfuração entre os poços causa sérios problemas como o rebaixamento do aquífero e perda do volume da vazão mínima. Além disso, a contaminação dos aquíferos ocorrem por causa da falta de ações mitigadoras que reduzam esses problemas como, por exemplo, educação socioambiental e o monitoramento do

comportamento hidrogeológico da região. Para melhor contextualizar esse ponto, na (Figura 11) estão apresentados os resultados do gráfico de superfície que potencializam as correlações das 3 variáveis independentes e na (Figura 12 (a)) pode-se perceber que a contaminação do solo e rebaixamento do aquífero tiveram resultados significativos a 5% de variância mostrados no diagrama de Pareto (Figura 11 (b)).

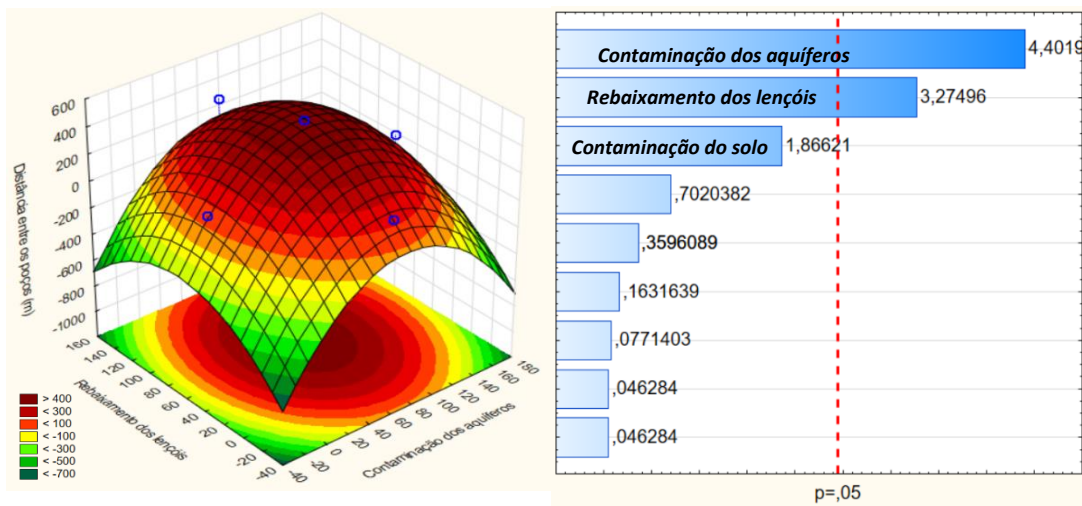


Figura 11. (a) Superfície resposta quanto as variáveis que influenciam a contaminação dos aquíferos (b) diagrama de Pareto.

Conclusões

Conclui-se que a falta de monitoramento do aquífero da Bacia Sedimentar de Belmonte poderá acarretar em sua exaustão hídrica. Esse fato pode ser observado em algumas visitas à campo, na zona rural do município, onde alguns poços identificados já estão sem água. Os instrumentos de gestão e as leis que protegem os recursos hídricos do Estado tendem a ser eficientes, desde que acompanhados de fiscalização, com aplicação de penalidades para o usuário que transgredir a legislação.

Constantemente nos deparamos com agressões ao meio ambiente por inúmeros fatores: exposição do lixo químico, desmatamento, queimadas etc. O que vem se agravando sem que

as pessoas tenham consciência é a contaminação e exploração exacerbada das águas subterrâneas, o que nos leva a crer que em um futuro muito próximo possamos ter uma série crise com a falta de água. É essencial tratar a Educação Ambiental, a começar das Instituições de Ensino como a grande promotora de democracia e desenvolvimento da cidadania. Pois com certeza 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.

A realização de estudos hidrogeológicos sem a devida divulgação entre os usuários de águas subterrâneas, é algo que traz poucos resultados.

Sendo assim, deve-se buscar a conscientização da população no sentido de fazer uso da água de forma mais sustentável, aumentar as práticas de fiscalização no município e buscar junto a APAC outras formas de outorga compatíveis com a realidade do agricultor belmontense, já que a forma praticada atualmente não é muito viável economicamente. Como solução seria adequado que fosse implementado um sistema para que o agricultor realizasse seu próprio cadastro virtualmente ou ser criado a subdivisão do órgão gestor para todas as mesorregiões de Pernambuco, visando uma forma de acessibilidade e fiscalização.

Agradecimentos

Aos professores do Grupo AQUAPOLI da Universidade de Pernambuco, em especial a docente Simone Rosa, pelos ensinamentos e pela orientação para a elaboração desse artigo.

Referências

- Alves Júnior, M. C. Poços tubulares como solução de abastecimento de água: o caso do município de Tamboril–CE. 2021. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário Christu. Disponível em: <https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1143/1/Mauro%20Cavalcante%20Alves%20Junior.pdf>. Acesso: 09/08/2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2018. Água no mundo. Recife, PE.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2019. Banco de Dados da GROC. Recife, PE.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2021. Outorga. Recife, PE.
- Azevedo, D. C. F de, 2012. Água: importância e gestão no semiárido nordestino. *Questões contemporâneas* 11(1),74-81.
- Borges, A. S., 2021. Abordagem sociohidrogeologica para avaliação dos usos das águas subterrâneas em comunidades rurais. 2021.Dissertação de Mestrado. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- Braga, E. S., Aquino, M. D., Freitas, C. B. F. B, Mendes, L. S. A. S., 2018. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. *Revista Águas Subterrâneas*, 32(1), 17-24.
- Castro, L. A., Taleires, F. C. D. S. S., Silveira, S. S., 2021. Índice de desenvolvimento humano em municípios que possuem sistema integrado de saneamento rural: uma análise comparativa. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26, 351-357.
- Chambel, A., 2018. Governança de águas subterrâneas–Gestão conjunta águas superficiais-águas subterrâneas. 2018. Repositório Digital de Publicações Científicas: Governança de águas subterrâneas – Gestão conjunta águas superficiais-águas subterrâneas (uevora.pt) [online] 14. Disponível: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/25012> Acesso 07 de agosto de 2021.
- Costa, W. D., Branco, R. L de C., Lucas, A. de A., Maranhão, C. M. L., Santos, M. A. V., 2006. 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, PE.
- Costa, W. D., Costa Filho, W. D., Dos Santos, M. A. V., 2006. Estudo Hidrogeológico Visando a Gestão dos Aquíferos da Bacia de São José do Belmonte-Pe. Águas Subterrâneas. Disponível: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22646>. Acesso: 12 out. 2019.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2019. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Brasília, DF.
- De Almeida, M. C. L. D., 2019. A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão de recursos hídricos. *Revista Direito Ambiental e Sociedade* 9, 2.
- D’elia, R.; Arruda, R. de O. M.; Bulbovas, P.,2020. A educação ambiental e sua relevância na preservação dos recursos hídricos. *Revista Educação-UNG-Ser*, 15, 106-114.
- De Medeiros, L. T. G.; Farto, C. D.; Júnior, G. B. A.,2021. Avaliação da qualidade da água subterrânea na região dos Bancários em João Pessoa–PB. *Research, Society and Development*, 10.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral, 2007. Síntese da Geologia de Pernambuco. Brasília, DF.
- Fáveri, R; Silva, A., 2016. Método Gut Aplicado à Gestão de Risco de Desastres: Uma Ferramenta de Auxílio para Hierarquização de Riscos. *Revista Ordem Pública e Defesa Social*, Santa Catarina, 9, 93-107.
- Fernandes, S. Z., 2015. Sustentabilidade em projetos de construção: Uma matriz multicritério baseada em riscos. Trabalho de

- conclusão de curso. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Gomes, M. A. F.; Pereira, L. C., 2020. Cenário mundial dos recursos hídricos subterrâneos. Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado [online]. Disponível: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1127621>. Acesso: 01/08/2021.
- Guedes, R. P.; De Araújo, M. P. S.; De Andrade, A. P. G., 2021. Necessidade do gerenciamento dos Recursos Hídricos em grandes cidades como Recife. *architecton-Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 6, 107-117.
- Leite, N. M. G. et al., 2020. Estudo da viabilidade de implementação de cisternas no semiárido brasileiro. *Brazilian Journal of Development*, 6, 89401-89426.
- Lima, J. P. R.; Gatto, M. F, 2014. A economia do Semiárido de Pernambuco: ainda “sem produção”. *Economia e Desenvolvimento*, 3(1).
- Lima, J. A. M. DE., 2021. Mapeamento da incidência de flúor em águas subterrâneas no estado da Paraíba. Trabalho de Conclusão de Curso. João Pessoa, Paraíba. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba.
- Lins, E. A. M. et al., 2020. Impactos ambientais causados por perfurações de poços clandestinos—estudo de caso. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Disponível em: www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/VIII-003.pdf. Acesso: 30 de maio de 2021.
- Martins, N. et al, 2017. Priorização na Resolução de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado: Método GUT. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 2, 139-148.
- Mukhtarov, F., Dieperink, C., Driessen, P., 2018. The influence of information and communication technologies on public participation in urban water governance: A review of place-based research. *Environmental Science and Policy* 89, 430-438.
- Nascimento, C. F. G; Santos, M. S. C; Almeida, M. N., 2018. Método Gut (gravidade, urgência e tendência) e método dos fatores para priorização na resolução de manifestações patológicas e estimativa da vida útil de elementos em edifício na cidade do Recife. Congresso Brasileiro de Patologias das Construções, 6, p. 1493 - 1502.
- Nunes, E. M.; França, A. R. M.; Lima, J. S. S.; Medeiros, L. S., 2018. Novidades na agricultura familiar e sua associação com a agroecologia na produção de hortifrutigranjeiros no território Sertão do Apodi (RN). *Revista do Desenvolvimento Regional*, 23(1), 213-236.
- Pernambuco, 1997. 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.
- Pernambuco, 2005. Lei nº 12.916, de 08 de novembro de 2005. Dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações administrativas ambientais, e dá outras providências.
- Pernambuco, 2005. 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.
- Pernambuco, 2010. Lei nº 14.028, de 26 de março de 2010. Cria a Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, e dá outras providências.
- Pernambuco, 1998. Decreto n. 20.423, de 26 de março de 1998. Regulamenta a Lei n. 11.427/97 e dá outras providências.
- Pernambuco, 1997. 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.
- Pernambuco, 1997. Lei nº 11.516, de 30 de Dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações ao meio ambiente e dá outras providências.
- Pernambuco, 1999. Lei nº 11.734, de 30 de dezembro de 1999. Altera as Leis nos 9.931, de 11 de dezembro de 1986; 11.516, de 30 de dezembro de 1997 e 11.721, de 17 de dezembro de 1999, e dá outras providências.
- Pinheiro, A. M., 2020. Qualidade físico-química e microbiológica da água de poços subterrâneos do município de Milhã-CE. Trabalho de Conclusão de Curso. Mossoró, Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
- Prado, Rafaella Santos Netto do, 2020. O uso das tecnologias da informação e comunicação para a gestão das águas subterrâneas. Tese de Doutorado. Lisboa, Portugal. Instituto Superior de Economia e Gestão.
- Prefeitura Municipal de São José do Belmonte, 2019. Localização [site]. Recuperado de:

- <https://saojosedobelmonte.pe.gov.br/localizacao/>. Acesso: 20/11/2019.
- Ramos, C. A., 2021. Avaliação dos critérios vigentes de outorga de recursos hídricos subterrâneos: caso do sistema aquífero Urucuia, oeste da Bahia. Dissertação de Mestrado. Salvador, Bahia. Universidade Federal da Bahia.
- Ranieri, V., Pegler, G. Nunes, G., Septanil, M., 2022. Potencial da ciência cidadã para o monitoramento dos impactos do uso público em um cenário de avanços das concessões. Biodiversidade brasileira- Bio Brasil, 3, 305-321.
- Reis, P. Al. G., 2018. Avaliação das vazões de contribuição da bacia hidrográfica do rio grande à calha do Rio São Francisco para atendimento dos usos múltiplos. Dissertação de Mestrado. Salvador, Bahia. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.
- Ribeiro, L. G. G.; Rolin, N. D, 2017. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. Revista Direito Ambiental e sociedade 7 (1).
- Rios, I. H. R.; Rabelo, J. L., 2021. Estudo do risco de contaminação de aquíferos de sub-bacias baianas. Águas Subterrâneas, 35.
- Roedel, R. M.; De Oliveira, I.B., 2021. Hydrogeological and numerical criteria for groundwater withdrawal permission in the Marizal-São Sebastião Aquifer, State of Bahia, Brazil. Águas Subterrâneas, 35.
- Ross, A., 2018. Speeding the Transition Towards Integrated Groundwater and Surface Water Management in Australia. Journal of Hydrology, 567, e1-e10.
- SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, 2019. Serviço Geológico do Brasil. Brasília.
- Silva Augusto, L. G., Gurgel, I. G. D., Câmara Neto, H. F., Melo, C. H., Costa, A. M., 2012. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. Revista & Saúde Coletiva, 17, 1511-1522.
- Silva, S. N., Dantas, M. C. A. M., Gurjão, C. O., Siqueira, E. C., 2014. Manejo sustentável de área de barragem subterrânea no município de São José da Lagoa Tapada alto do Sertão da Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável 9 (3) 115-122.
- Silveira, R. N. C. M., 2020. As águas subterrâneas do perímetro irrigado Curu-Pentecoste (picp) Ceará: geometria aquífera, qualidade e disponibilidade hídrica à irrigação. Tese [Doutorado]. Fortaleza, Ceará. Universidade Federal do Ceará.
- Souza, J. R. D., Moraes, M. E. B. D., Sonoda, S. L., Santos, H. C. R. G., 2014. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. Revista Eletrônica do Prodema, 8(1).
- UNESCO. Organização das Nações Unidas, 2017. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. O relatório de desenvolvimento mundial da água das Nações Unidas: Águas residuais: o recurso inexplorado. Paris.
- UNESCO. Organização das Nações Unidas, 2018. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Soluções baseadas na natureza para a gestão da água. Paris.