



Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantíflas da Cidade do Cuito

Anselmo Macário Canganjo Lunguana.

Recebido: 11-10-2022 Aprovado: 13-12-2022

Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantíflas da Cidade do Cuito

Microbiological and physical-chemical quality of groundwater in the Chissindo and Cantíflas district of Cuito City

Eng^o Anselmo Macário Canganjo Lunguana.¹

E-mail: (alunguana@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-5233-0074>)

RESUMO

As águas subterrâneas são recursos hídricos importantes que apresentam boa qualidade e melhores condições de proteção aos efeitos das atividades antropogênicas. Porém, a elevação da contaminação das águas subterrâneas, causada principalmente por atividades antropogênicas tais como: lançamento de resíduos sem tratamento, aplicação descontrolada de fertilizantes na agricultura e outros produtos agrícolas nos solos estão levando à degradação desses recursos hídricos. A poluição tem aumentado significativamente a cada ano ao passo que a demanda por água de qualidade também aumentou. Portanto, esse desequilíbrio deve ser levado em consideração e há a necessidade de tomada de medidas de proteção e recuperação dos recursos. Esse uso insustentável torna as fontes escassas e coloca em risco a segurança hídrica.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas, Vulnerabilidade, Contaminação da Água.

ABSTRACT

Groundwater is an important water resource that presents good quality and better conditions to protect the effects of anthropogenic activities. However, the increase in groundwater contamination, mainly caused by anthropogenic activities such as: release of untreated waste, uncontrolled application of fertilizers in agriculture and other agricultural products in soils are leading to the degradation of these water resources. Pollution has increased significantly each year while demand for quality water has also increased. Therefore, this imbalance must be taken into account and there is a need to take measures to protect and recover resources. This unsustainable use makes sources scarce and puts water security at risk.

Keywords: Groundwater. Vulnerability. Water contamination.

INTRODUÇÃO

A água tem papel fundamental no surgimento das formas de vidas existentes na Terra, que sempre necessitaram dela para a sua sobrevivência e evolução. Principalmente para os seres humanos, a água é o mais crítico e importante elemento para a manutenção de suas funções orgânicas, sem a qual não sobreviveriam. Portanto, é um recurso natural essencial para a vida, a saúde, os mantimentos, o desenvolvimento econômico e o meio ambiente sustentável.

¹ Engenheiro em Agronomia. Pós Graduação Geral em Engenharia de Recursos Hídricos. Actualmente se desempenha como professor do Instituto Superior Politécnico do Bié.

A água representa sempre mais da metade da composição dos vivos, sem água, não pode haver vida. Mas os homens possuem uma falsa ideia de que os recursos hídricos são infinitos e assim, estão poluindo cada vez mais os mananciais e gerando cada vez mais água de qualidade duvidosa. De ali que é um dos mais importantes recursos do ecossistema, sendo utilizada, principalmente, em atividades econômicas como a agropecuária e indústria, além de aplicações cotidianas como higiene e alimentação (Mahan et al.; 1995). O aumento da população, a industrialização, o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas na agricultura e outras atividades antrópicas estão causando perda da qualidade da água e degradação da biota aquática (Rashed, 2001).

Os fornecimentos de água provêm, portanto, de duas fontes principais: águas superficiais e águas subterrâneas, cada uma destas procedências tem suas próprias vantagens e desvantagens como bebedouro de qualidade e estão interrelacionadas pelo que a qualidade pode alterar-se, em ocasiões de maneira espetacular, de modo que, a qualidade da água que sai de uma zona de captação pode ser totalmente diferente a da água que tem cansado nela como precipitação (Moreno, J. 1999).

As atividades econômicas do homem podem modificar não só os fluxos de água, mas também os ciclos energéticos e biogeoquímicos produzindo importantes mudanças na qualidade da água e o meio ambiente, fundamentalmente pela contaminação, o que faz necessário revisar as práticas habituais da gestão dos recursos hídricos. Até muito recentemente a ênfase dos recursos hídricos se dirigia à quantidade, mas atualmente existe um crescente interesse pelos aspectos qualitativos que incidem diretamente na contaminação e a influência desta no meio ambiente. Esta mudança se deve ao impacto produzido pela atividade humana que dá lugar a modificações diretas do ciclo hidrológico e dos ciclos biogeoquímicos globais (Moreno, J. 1999).

A qualidade da água para consumo humano é de grande importância, e suas características microbiológicas e físico-químicas definem sua aceitabilidade pois, quando contaminada, constitui fator de risco para toda a sociedade (Germano, 2001). Associado à baixa qualidade, a disponibilidade desse recurso também é preocupante, tornando-se cada vez mais reduzida a quantidade de mananciais de água em condições de vazão e qualidade compatíveis com o abastecimento da população.

Diante dessas preocupações, a água vem sendo discutida quanto ao seu uso, manutenção, quantidade e qualidade para consumo, pois encontra-se sujeita à depreciação de suas características em virtude do crescimento urbano, industrial e rural mal planejado (Silva; Ueno, 2008). No meio rural, o risco de doenças por água contaminada é alto, devido à presença de micro-organismos patogênicos, como *Escherichia coli*, oriundos principalmente de fossas e pastagens (Amaral et al., 2003). Os micro-organismos mais utilizados para indicar contaminação fecal de humanos ou animais são os coliformes, cuja presença torna a água imprópria para consumo humano. Água potável, portanto, é aquela livre de *E. coli* ou coliformes termotolerantes, sendo recomendada sua ausência em 100 mL (Fortuna et al., 2007).

Neste sentido, a pesquisa se realiza na cidade de Cuito, que atualmente apresenta um sistema público de abastecimento de água e serviço de saneamento básico precário. Os moradores de alguns bairros da cidade do Cuito vivenciam problemas com a

Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantíflas da Cidade do Cuito

Anselmo Macário Canganjo Lunguana.

Recebido: 11-10-2022 Aprovado: 13-12-2022

infraestrutura, acesso ao saneamento, água tratada e outros serviços básicos necessários para a garantia de sua qualidade de vida. A obtenção da água subterrânea e o meio mais prático para o abastecimento.

Foi levantada a hipótese de que a qualidade da água das cacimbas, quanto aos seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos, encontrava-se alterada e devido a isso é caracterizada como imprópria para o consumo humano. Dali a importância de se fazer um estudo pormenorizado sobre a qualidade microbiológica e físico-química da água de poços da cidade do Cuito.

Neste sentido, a situação problemática se manifesta cerca da Província Bié, em particular sobre os padrões de qualidade da água das cacimbas consumida pela população, constitui como uma árdua tarefa e desafio. O acesso à água potável aumentou nas últimas décadas na superfície da terra, na cidade de Cuito desta província se evidencia a falta de uma infraestrutura que permita uma solução progressiva aos problemas relacionados com a água, bem como de uma rede de distribuição de água potável para todos os bairros em particular aqueles que são objecto de estudo desta pesquisa. Por esta razão a água que consomem é proveniente de poços, em sua maioria construídos pelos próprios esforços, alguns poços não possuem os requisitos necessários para sua construção, e verifica-se a falta de inspeção periódica por parte dos sectores da saúde e energia de formas a garantir a avaliação sistemática da qualidade da água de consumo e saneamento básico, sendo a população da cidade de Cuito, um dos maiores consumidores de água provenientes de cacimbas, faz com que os diferentes usos que se dão a água aumentem significativamente.

Desta forma se detecta o seguinte Problema Científico: Como avaliar a qualidade da água das cacimbas para o consumo humano dos bairros Cantífula e Chissindo na cidade do Cuito Província do Bié? Para resolver o problema científico identificou-se como Objectivo Geral: Avaliar a qualidade da água das cacimbas para o consumo humano, a partir dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da população dos bairros Cantífula e Chissindo da cidade do Cuito.

DESENVOLVIMENTO

Importância da qualidade das águas subterrâneas

As águas subterrâneas são fontes seguras e importantes de água potável, principalmente em locais onde as águas superficiais são escassas. No entanto, são recursos potencialmente vulneráveis que podem ser contaminados por actividades antropogénicas, o que prejudica o seu uso e reduz a sua disponibilidade para o abastecimento (Alvarado et al., 2016).

E actividades antropogénicas que envolvem factores como o crescimento populacional, a urbanização acelerada, a diversificação das actividades económicas e agrícolas, o uso inadequado do solo, a ineficiência na colecta e no tratamento de esgotos, bem como a superexploração de recursos hídricos, provocando a degradação quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas (Sethy, S. K., 2017).

A vulnerabilidade é definida como uma propriedade intrínseca do sistema de água subterrânea que depende da sensibilidade desse sistema aos impactos humanos e

naturais, Foster et al., (2006); Ribeiro; P.; Domínguez, G. (2017). A vulnerabilidade específica é definida como a suscetibilidade de águas subterrâneas a contaminantes específicos ou a um grupo de contaminantes, levando-se em consideração as propriedades contaminantes (Goudarzi et al., 2017; Machiwal et al., 2018). A aplicação de análise de multicritério em recursos hídricos foi identificada em diversas áreas como: Gestão de bacias hidrográficas; Gestão da água subterrânea; Infraestrutura e selecção; Avaliação de projectos; Alocação de água; Política e planeamento da oferta de água; Qualidade da água; Gestão da qualidade; e Gestão de áreas marinhas (Hajkowicz; Collins, 2007).

No estudo realizado por (Alvarado et al., 2016) utilizou-se MCDA como uma ferramenta de decisão para facilitar o processo de priorização de poços que necessitavam de maior proteção contra risco de contaminação. Outros estudos que utilizaram esses métodos para avaliar os índices de qualidade e a vulnerabilidade intrínseca ou específica das águas subterrâneas estão citados em Ayed et al. (2017), Kumar, T.; Gautam, A. K. (2014) e Kavurmaci (2016). Assim, avaliar a vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas auxilia na tomada de medidas para o controle da degradação, pois a restauração da qualidade das águas representa desafios ambientais e económicos.

MoGeCA – Modelo de gestão comunitária de água

O MoGeCA é um modelo de gestão comunitária de água que privilegia na sua abordagem o envolvimento dos grupos locais na negociação, construção e gestão dos pontos de água, como elemento básico para promover o desenvolvimento local. A gestão comunitária, aqui entendida como sendo uma forma de cooperação entre a comunidade, o governo e empresas locais de águas, desenvolve-se num contexto particular no qual o Estado não tem a capacidade de desempenhar sozinho todas as funções de provisão de serviços básicos à população e, por isso, cada actor desempenha uma função específica complementar.

Águas superficiais e subterrâneas e meio ambiente

As águas superficiais são representadas pelas drenagens e rios que colectam as águas pluviais, originadas pelas chuvas, também denominadas águas freáticas. Em geologia as águas subterrâneas são toda aquelas águas que ocupam todos os espaços vazios de uma formação geológica, os chamados aquíferos. (Zimbres, 2007). Outros autores propõem que são águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo. (Hirata, Suhogusoff, & Fernandes, 2019).

Conforme as características físicas dos solos e rochas subjacentes da bacia hidrográfica considerada, temos a interação entre os rios e os lençóis freáticos ou subterrâneos adjacentes. Considera-se principalmente a variável permeabilidade, que é a capacidade das águas de migrarem em um determinado meio e medida em cm/s, temos os regimes fluviais. Em geral, na estação quente as águas migram dos rios para o interior dos solos e das rochas, o que caracteriza o regime influente e depende das demais variáveis, evidentemente. Portanto, as águas subterrâneas são aquelas que são armazenadas no interior dos maciços rochosos. Podem passar pelo estágio freático ou serem dirigidas

Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantiflas da Cidade do Cuito

Anselmo Macário Canganjo Lunguana.

Recebido: 11-10-2022 Aprovado: 13-12-2022

directamente para o interior das rochas. As rochas que armazenam as águas subterrâneas são conhecidas como aquíferos e as rochas que deixam fugir as águas subterrâneas denominam-se aquíferos.

As águas subterrâneas por definição são aquelas que estão armazenadas em rochas, e originalmente são geradas pelas fontes pluviométricas, mas frequentemente sofrem influência de outras águas:

1. Águas conatas: são as águas que ficam armazenadas com os sedimentos desde a sua deposição e acumulação, após os processos diagênicos e ficam no interior das rochas sedimentares, como resultado da diagênese exibem frequente contaminação com sais ou outros elementos químicos e podem tirar a potabilidade das águas subterrâneas;

2. Águas juvenis: representam os fluidos que sobram das cristalizações dos magmas, seja em condições plutônicas ou em condições vulcânicas e por isso são águas ricas em metais e outros componentes magmáticos, principalmente aqueles que não conseguem entrar nos minerais em formação, tanto por tamanho grande como pequeno do raio iônico, que impede as substituições diadóxicas, como por eletronegatividade ou outra característica química que imponha restrição.

Classificação das águas subterrâneas

As águas subterrâneas são classificadas em:

- Classe Especial: águas dos aquíferos ou conjunto de aquíferos destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral bem como as que compõe as águas superficiais
- Classe 1: águas dos aquíferos ou conjunto de aquíferos, sem alteração de sua qualidade por atividades antropogênicas, e com adequadas características hidrogeoquímicas naturais;
- Classe 2: águas dos aquíferos ou conjunto de aquíferos, sem alteração de sua qualidade por actividades antropogênicas, que necessitam de tratamento devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- Classe 3: águas dos aquíferos ou conjunto de aquíferos com alteração na qualidade por actividades antropogênicas, não sendo necessário o tratamento para essas alterações, mas podem exigir tratamento adequado para às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- Classe 4: águas dos aquíferos ou conjunto de aquíferos com alteração na qualidade por actividades antropogênicas, podendo ser utilizadas sem tratamento para usos menos restritivo;
- Classe 5: águas dos aquíferos ou conjunto de aquíferos com alteração na qualidade por actividades antropogênicas, podem ser utilizadas para usos que não possuem requisitos de qualidade.

As condições de qualidade devem ser mantidas, para a avaliação da qualidade devem ser considerados no mínimo os parâmetros sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes

termotolerantes. Para monitoramento da qualidade da água os órgãos responsáveis devem avaliar sólidos totais dissolvidos, nitrato, coliformes termotolerantes, pH, turbidez, condutividade eléctrica e medição de nível de água.

Usos e importância das águas Subterrâneas

A água subterrânea é um componente do ciclo hidrológico que assegura o fluxo de água nos rios em época de estiagem, desempenhando a função de diluição de esgoto e de efluentes, transporte de sedimentos e manutenção dos ecossistemas. As águas subterrâneas apresentam boa qualidade e melhores condições de protecção a possíveis efeitos das actividades antropogênicas ou uso e ocupação do solo, que possam alterar a qualidade e a quantidade da água (Gorai; K. 2013); (Hirata, R.; Fernandes, A. J.; Bertolo, R. 2016).

Conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural finito e com valor econômico. Podendo ser explotada a partir da solicitação da outorga ao poder público. A PNRH prevê que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, conta com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, determinando que, em situações de escassez o uso prioritário da água é para o consumo humano e a dessedentação de animais.

Impactos das águas subterrâneas

A qualidade da água está relacionada às características da água para determinado uso, baseado em características físicas, químicas e biológicas. Compreender os processos e factores que controlam a qualidade da água é importante para a protecção dos ecossistemas, Gorai, A. K.; Kumar, S. (2013). O monitoramento dos parâmetros que afectam qualidade da água no meio ambiente é muito importante para o planeamento e gestão dos recursos hídricos (Kumar, T.; Gautam, A. 2014).

A água subterrânea é naturalmente de boa qualidade para consumo humano, no entanto, as águas subterrâneas são recursos vulneráveis, dependendo das condições, podem ser contaminadas por qualquer uso da terra, quando a qualidade é afectada consequências devastadoras podem ocorrer (Lavoie et al., 2015). De acordo com Foster et al. (2006) a poluição dos aquíferos ocorre nos pontos em que a carga contaminante gerada pelas actividades antropogênicas excede a capacidade de atenuação natural dos solos e das camadas de cobertura. Os perfis naturais de subsolo atenuam ativamente muitos poluentes da água, sendo considerados eficazes para o despejo seguro de resíduos. A autoeliminação dos contaminantes durante o transporte subsuperficial na zona não saturada é resultado da degradação bioquímica e de reacções químicas.

O movimento de contaminantes através do subsolo é complexo e difícil de prever, onde os diferentes tipos de contaminantes reagem de forma diferente com os solos, sedimentos e outros materiais geológicos e, se deslocam por diferentes caminhos e velocidades diferentes (Hirata et al., 2015). A degradação das águas subterrâneas ocorre quando existe uma exploração excessiva, isso não só reduz os recursos hídricos disponíveis, mas afeta o rendimento, podendo resultar em outros efeitos sérios e potencialmente caros, incluindo a intrusão salina em áreas litorâneas (Zeidan, 2017).

Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantíflas da Cidade do Cuito

Anselmo Macário Canganjo Lunguana.

Recebido: 11-10-2022 Aprovado: 13-12-2022

Diversos são os factores que podem comprometer a qualidade da água subterrânea, como disposição inadequada do esgoto doméstico e industrial, os resíduos sólidos urbanos e industriais, os postos de combustíveis, a mineração, a modernização da agricultura entre outros, devido à disposição de substâncias químicas e outras fontes de contaminação como bactérias, vírus, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (Silva, J. F. F. da; Haie, N. 2000).

Parâmetros de qualidade da água

Em alguns países de América são as legislações vigentes que tratam de potabilidade da água para consumo humano e de águas subterrâneas são, respectivamente, desde dos Ministérios da Saúde e dos Conselho Nacional do Meio Ambiente. Por exemplo na Europa a Diretiva (2000/60/CEE) representa o principal instrumento da Política da União Europeia relativa à água, estabelecendo um quadro de acção comunitária para a proteção das águas de superfície, de transição, costeiras e subterrâneas, e tem como objectivo de estabelecer uma gestão integrada da qualidade da água de bacias hidrográficas para todas as águas europeias com a proposta de atingir o status de boa qualidade. A avaliação da qualidade das águas depende de parâmetros biológicos, hidromorfológicos, físico-químicos e alguns poluentes específicos.

Como autoridade internacional em saúde pública e qualidade da água, a Organização Mundial da Saúde (OMS) lidera os esforços globais para prevenir a transmissão de doenças transmitidas pela água, sendo realizado através da promoção de regulamentações baseadas na saúde para governos e trabalhando com parceiros para promover práticas eficazes de gestão de risco para fornecedores de água, comunidades e famílias. A falta de acesso à água potável e ao saneamento e as práticas de higiene insuficientes são as principais causas de doenças infecciosas, contribuindo para a desnutrição e mortalidade infantil. Em Angola, apesar dos investimentos e progressos notáveis já registados, cerca de 44% da população ainda não tem acesso a uma fonte de água apropriada para beber.

O Programa de Água, Saneamento e Higiene (WASH, na sigla em inglês) do UNICEF Angola foi concebido com base no Plano Nacional de Desenvolvimento para apoiar o aumento da capacidade nacional de implementação e monitorização dos serviços de água, saneamento e higiene sustentáveis. O Guidelines for Drinking Water Quality - GDWQ apresenta que o saneamento, tratamento e reutilização seguros das águas residuais são fundamentais para proteger a saúde pública. As evidências resultantes do monitoramento das entradas e saídas fornecidas pela análise e avaliação global da água e do saneamento da ONU-Água e programa conjunto de monitoramento da OMS/UNICEF, ajudam a orientar os tomadores de decisão a nível local, nacional e global.

Parâmetros Físico-químicos

- Temperatura é a intensidade de calor que influencia as propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido) a alteração influencia na taxa das reações físicas, químicas e biológicas. Podendo variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais).

- Sabor e odor resultam de processos naturais (algas e bactérias) e artificiais (esgotos domésticos e industriais).
- Cor resulta substâncias em solução como ferro ou manganês, decomposição da matéria orgânica da água com ácidos húmicos, algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos.
- Turbidez é caracterizada pela presença de partículas em suspensão, para o abastecimento tem importância pelo aspecto estético, a origem natural (partículas de rocha, argila, silte, algas e microrganismos) e a origem antropogênica (lançamentos de resíduos).
- Sólidos totais dissolvidos avalia a qualidade da água por meio das substâncias envolvidas como: carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio, sódio e outros íons, que em elevadas concentrações podem ser prejudiciais. Nas águas naturais os sólidos dissolvidos são constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio (Gasparotto, 2011). Contudo, quando presentes em elevadas concentrações, podem ser prejudiciais, oferecendo risco e tornando a água desagradável ao paladar, corroendo as tubulações e problemas de saúde (Santos, 2014).
- Condutividade elétrica é a capacidade de conduzir corrente elétrica, está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água.
- Potencial Hidrogeniônico (pH) representa o equilíbrio entre íons H⁺ e íons OH⁻ - para água o pH=7 é caracterizada como neutra, pH maior que 7,0 é alcalina e o pH menor que 7,0 é ácida.
- Alcalinidade é causada por sais alcalinos (sódio e cálcio), mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos e em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água.
- Dureza indica a presença de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio) em teores elevados causa sabor desagradável e reduz a formação da espuma do sabão e provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.
- Cloretos provêm da dissolução de minerais ou da intrusão salina, podendo ser fonte de esgotos domésticos ou industriais, em altas concentrações propiciam sabor salgado à água.
- Ferro e manganês dissolução de compostos do solo e de despejos industriais causando coloração avermelhada (ferro) e marrom (manganês) à água. Confers sabor metálico, favorecem o desenvolvimento de ferro-bactérias causando maus odores, coloração e obstruem as canalizações.
- Nitrogênio se apresenta como a amônia, nitrito, nitrato em excesso, causa o crescimento desordenado de algas (eutrofização). São fontes de compostos nitrogenados esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais, entre outras.

Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantiflas da Cidade do Cuito

Anselmo Macário Canganjo Lunguana.

Recebido: 11-10-2022 Aprovado: 13-12-2022

- Fósforo encontra-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico é essencial para o crescimento de algas. Teores muito elevados, causam a eutrofização, suas principais fontes são dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes, entre outras.
- Fluoretos têm acção benéfica de prevenção da cárie dentária em concentrações mais elevadas, podem provocar alterações da estrutura óssea ou a fluorose dentária.
- Sulfato é um dos principais ânions que ocorrem em águas naturais. As fontes são a decomposição de rochas, chuvas e agricultura.
- Oxigênio Dissolvido (OD) é indispensável aos organismos aeróbios, as águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica.
- Matéria Orgânica é necessária em pequena quantidade como fonte de sais nutrientes e gás carbônico, mas em grandes quantidades causa problemas como cor, odor, turbidez, consumo do oxigênio dissolvido, pelos organismos decompositores. São utilizados como indicadores a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO).
- Componentes Inorgânicos da água os metais pesados são tóxicos como o arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco. Os cianetos são incorporados à água através de despejos industriais e por actividades agrícolas, garimpo e mineração.
- Componentes orgânicos são resistentes a degradação biológica são fontes os agrotóxicos, detergentes e outros produtos químicos.

Parâmetros Biológicos

- Coliformes totais grupos de bactérias gram-negativas (Aeróbias ou Anaeróbias), que não formam esporos e são associadas à decomposição de matéria orgânica.
- Coliformes termotolerantes estão associados a animais de sangue quente, a *Escherichia coli* é utilizada para indicação de contaminação desse grupo.
- Bactérias heterotróficas são microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes fornecendo informações sobre a qualidade bacteriológica da água, usada para avaliar a eficácia dos métodos de tratamento da água.

A qualidade microbiológica é analisada através de coliformes totais, termotolerantes e estreptococos. Os coliformes totais são utilizados apenas como indícios de contaminação. A *Escherichia coli* é considerada o melhor indicador de contaminação fecal, pois algumas espécies de bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes termotolerantes podem ser encontradas em outras fontes que não fezes (Zoby, 2008).

Métodos atuais para avaliação da vulnerabilidade

Com o avanço da contaminação foi necessário desenvolver métodos mais precisos e específicos para cada tipo de contaminante, identificando as áreas mais vulneráveis a determinados poluentes, surge os métodos de avaliação da vulnerabilidade específica das águas subterrâneas, para gestão e protecção desse recurso indispensável e limitado.

Os métodos actualmente conhecidos de avaliação de vulnerabilidade são mais complexos, porém é necessário seleccionar parâmetros importantes para representar a confiabilidade da avaliação. A vulnerabilidade das águas subterrâneas em uma área específica pode ser completamente diferente de outras áreas e a inclusão de parâmetros redundantes na avaliação nem sempre garante confiabilidade da avaliação (Oke; F. 2017). Conforme os estudos hidrogeológicos e a caracterização das variáveis físicas que afectam o nível de protecção natural dos aquíferos são importantes, pois todos os aquíferos são vulneráveis aos impactos de contaminantes, desde que ocorra a recarga, e a protecção natural ocorre de acordo com o material que recobre o aquífero e evita impactos.

Portanto, vários métodos foram apresentados para a avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas ao longo dos últimos anos, produz resultados variáveis.

Métodos de apoio à tomada de decisão multicritério

A análise de decisão multicritério (**MCDA**) consiste em um conjunto de abordagens formais que tem como finalidade auxiliar na determinação da uma decisão importante individual ou em grupo, esclarece o problema e avalia as alternativas através de múltiplos critérios (Belton; S. 2002).

A metodologia multicritério caracteriza-se pelos múltiplos critérios relacionados à avaliação estão explícitos e sujeitos à análise crítica dos decisores, ajudando-os a moldar suas preferências, não buscam uma solução ótima para um determinado problema, mas uma solução de compromisso, em que deve prevalecer o consenso, visa apoiar o processo decisório com a recomendação de ações que estejam de acordo com as preferências dos agentes de decisão (Almeida, 2011). Segundo o autor, a categoria dos métodos de decisão multiobjectivo ou otimização vectorial o espaço de decisão é contínuo (número infinito de alternativas) e descrito por funções objectivo que devem ser satisfeitas simultaneamente. E a categoria dos métodos de decisão multiatributo ou de decisão multicritério discreta, consiste em um número predeterminado (finito de alternativas) a serem avaliadas.

Método AHP

O método AHP (Analytic Hierarchy Process) foi desenvolvido por Thomas Saaty em meados de 1980, é um método de análise multicritério amplamente utilizado no apoio à tomada de decisão, consiste em um método de decisão que envolve complexidade e subjetividade. O princípio do método é decompor factores que afectam os problemas complexos e categorizar esses factores em diferentes níveis em uma estrutura hierárquica, auxilia na tomada de decisão, permite a integração entre critérios qualitativos e quantitativos, tendo como objectivo analisar o julgamento de especialista no processo de decisão, transformando os problemas complexos em problemas mais simples por hierarquia de decisão (Noh; L. 2003).

Método Topsis

A técnica de tomada de decisão **TOPSIS** (Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution) desenvolvida por (Hwang; Y. 1981), avalia o desempenho das alternativas através da similaridade com a solução ideal, onde a melhor alternativa é a



Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantíflas da Cidade do Cuito

Anselmo Macário Canganjo Lunguana.

Recebido: 11-10-2022 Aprovado: 13-12-2022

que mais se aproxima da solução ideal positiva e a mais distante da solução ideal negativa. A solução ideal positiva maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo, enquanto a solução ideal negativa maximiza os critérios de custo e minimiza os critérios de benefício. É um método de agregação compensatória que compara um conjunto de alternativas que classificam os pesos para cada critério, normaliza os escores para cada critério e determinam a distância Euclidiana entre cada alternativa e a alternativa ideal, que é a melhor pontuação em cada critério.

CONCLUSÕES

O crescimento populacional e rápida urbanização das cidades exercem mais pressão sobre a demanda por recursos hídricos causando deterioração da qualidade e quantidade. Portanto, há uma necessidade de se proteger e buscar o uso sustentável para que se tenham recursos hídricos para essa geração e para as futuras. A poluição da água subterrânea é muito mais difícil de ser mitigada do que a poluição das águas superficiais, porque a água subterrânea pode se mover por grandes distâncias através dos aquíferos.

Os avanços tecnológicos priorizam a disponibilidade de produtos químicos cada vez mais potentes que melhoram o tratamento das águas poluídas, para torná-las potáveis aos consumidores, porém a premissa deve ser a preservação das fontes, e esse estudo viabiliza o cenário das fontes para tomada de decisão quanto a preservação e o uso sustentável.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, A. T. (2011). O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão. Ed. Universitária da UFPE, 2011.
2. ALVARADO. (2016). fonte: hidrogeologia: portal.cogerh.com.br (21 de janeiro de 2016).
fonte: www.google.com
3. AMARAL, L.A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O.D.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS L.S.S. (2003). Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, v.37, n.4,
4. AYED, B. *et al.* (2017). Assessment of groundwater vulnerability using a specific vulnerability method: Case of Maritime Djeffara shallow aquifer (Southeastern Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, v. 10, n. 12.
5. BELTON, V.; STEWART, T. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. [s.l.] Springer Science e Business Media, 2002.
6. GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S (2001). A água: um problema de segurança nacional. *Revista Higiene Alimentar*, v.15, p.15- 18.
7. FORTUNA, J.L.; RODRIGUES, M.T.; SOUZA, S.L.; SOUZA, L. (2007). Análise

- microbiológica da água de bebedouros do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora: coliformes totais e termotolerantes. *Revista Higiene Alimentar*, v.21, n.154, p.103-105, 2007.
8. FOSTER, S. *et al.* (2006). Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. p. 104, 2006.
 9. GORAI, A. K.; KUMAR, S. (2013). Geostatistics : An Overview Spatial Distribution Analysis of Groundwater Quality Index Using GIS : A Case Study of Ranchi Municipal Corporation (RMC) Area. *Geoinformatics & Geostatistics: An Overview Research*, v. 1, n. 2, p. 1–11, 2013.
 10. GOUDARZI, S. *et al.* (2017). Assessment of groundwater vulnerability to nitrate pollution caused by agricultural practices. *Water Quality Research Journal of Canada*, v. 52, n. 1, p. 64–77.
 11. HAJKOWICZ, S.; COLLINS, K. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, v. 21, n. 9, p.1553–1566, 2007.
 12. HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; FERNANDES, A. (2019). Groundwater resources in the State of São Paulo (Brazil): *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 79, n. 1, p. 141–152.
 13. HIRATA, R.; FERNANDES, A. J.; BERTOLO, R. (2016). As águas subterrâneas: longe dos olhos, longe do coração e das ações para sua proteção. *Acta Paulista de Enfermagem*.
 14. HIRATA, R. *et al.* (2015). O sistema Aquífero Guarani e a crise hídrica nas regiões de campinas e são paulo (SP). *Revista USP*, v. 106, p. 59–70.
 15. KAVURMACI, M. Evaluation of groundwater quality using a GIS-MCDA-based model: a case study in Aksaray, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, v. 75, n. 18, 2016.
 16. KUMAR, T.; GAUTAM, A. K. (2014). Appraising the accuracy of GIS-based Multi-criteria decision making technique for delineation of Groundwater potential zones. *Water Resources Management*, v. 28, n. 13, p. 4449–4466, 2014.
 17. LAVOIE, R. *et al.* (2015). Integrating groundwater into land planning: A risk assessment methodology. *Journal of Environmental Management*, v. 154, p. 358–371, 2015.



Qualidade microbiológica e físico-química da água das subterrâneas no bairro Chissindo e Cantiflas da Cidade do Cuito

Anselmo Macário Canganjo Lunguana.

Recebido: 11-10-2022 Aprovado: 13-12-2022

18. MACHIWAL, D.; JHA, M. K.; MAL, B. C. (2018). GIS-based assessment and characterization of groundwater quality in a hard-rock hilly terrain of Western India. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 174, n. 1–4, p. 645–663
19. MAHAN, L.K.; STUMP, S.E.; RAYMOND, J.L. Krause (1995). *Alimentos, Nutrição e Dietoterapia*. 13 ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
20. MORENO CASELLES, JOAQUÍN. *Qualidade da Água*. Mestría em Engenharia Hidráulica. Centro de Investigações Hidráulicas. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. 1999
21. NOH, J.; LEE, K. M. (2003). Application of multiattribute decision-making methods for the determination of relative significance factor of impact categories. *Environmental Management*, v. 31, n. 5, p. 633–641.
22. OKE, S. A.; FOURIE, F. (2017). Guidelines to groundwater vulnerability mapping for SubSaharan Africa. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 5, n. June, p. 168– 177.
23. RASHED, M.N. (2001). Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment International*, v. 27, n. 1, p. 27-33.
24. RIBEIRO, L.; PINDO, J. C.; DOMINGUEZ-GRANDA, L. (2017). Assessment of groundwater vulnerability in the Daule aquifer, Ecuador, using the susceptibility index method. *Science of the Total Environment*, v. 574, p. 1674–1683.
25. SANTOS, R. (2014). Saúde E Qualidade Da Água: Análises Microbiológicas E FísicoQuímicas Em Água Subterrâneas. *Revista Contexto & Saúde*, v. 13, n. 24/25, p. 46–53.
26. SETHY, S. N.; SYED, T. H.; KUMAR, A. (2017). Evaluation of groundwater quality in parts of the Southern Gangetic Plain using water quality indices. *Environmental Earth Sciences*, v. 76, n. 3.
27. SILVA, A.B.A.; UENO, M. (2008). Qualidade sanitária das águas do rio Uma, São Paulo, no período das chuvas. *Revista Biociências*, v.14, n.1.
28. SILVA, J. F. F. DA; HAIE, N. (2000). Planeamento e gestão global de recursos hídricos costeiros. Estratégias para a Prevenção e Controlo da Intrusão Salina. 5º Congresso da Água, v. d, p. 13.

29. ZEIDAN, B. A. (2017). Groundwater Degradation and Remediation in the Nile Delta Aquifer. springer, p. 159–232.
30. ZOBY, J. L. G. (2008). Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Águas Subterrâneas.
31. ZIMBRES, EURICO (2007). *meio ambiente*. fonte: pt.m.wikipedia.org.