



Avaliação da qualidade das águas termais de Montipa, município de Bibala-Namibe.

Quality assessment of the thermal waters of Montipa, municipality of Bibala-Namibe.

Agostinho Francisco Cachapa

E-mail: agostinhocachapa@yahoo.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8671-1764>

Martins Kamota Abel

E-mail: martinsdj@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2403-1472>

Laura Noemia De Olveira

E-mail: laura5756@outlook.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5003-3440>

Joaquim Kessongo Mestre

E-mail: jpkessongomestre@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4315-0634>

Universidad de Namibe. Moçâmedes, Namibe, Angola

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cachapa, A. F., Kamota Abel, M., De Olveira, L. N. & Kessongo- Mestre, J. (2022). Avaliação da qualidade das águas termais de Montipa, município de Bibala-Namibe. *Revista Sociedad & Tecnología*, 5(1), 43-56. DOI: <https://doi.org/10.51247/st.v5i1.188>

RESUMO

Em Angola, mais concretamente na província do Namibe, existem várias fontes termais que podem ser utilizadas para diversos fins, mas não são realizadas acções de preservação e beneficiação da sua exploração; nestas condições, no concelho da Bibala, existe uma nascente termal denominada Montipa. O presente trabalho visa avaliar a qualidade físico-química, microbiológica e radiológica das águas termais de Montipa, município da Bibala-Namibe, aspectos socio ambientais

da área em estudo; Para o qual foi desenvolvido um estudo analítico não experimental baseado em métodos e técnicas de análises físico-químicas, microbiológicas e radiológicas de águas. Conclui-se que, de um modo geral, as fontes termais de Montipa apresentam boas características físico-químicas, microbiológicas e radiológicas de acordo com as normas internacionais e nacionais. É possível aproveitar melhor esse recurso para consumo humano e terapêutico, cochos para gado, irrigação agrícola e ecoturismo.

Palavras-chave:

Águas termais, qualidade físico-química, microbiológica e radiológica, contaminação, avaliação

ABSTRACT

In Angola, specifically in the province of Namibe, there are several hot springs that can be used for different purposes, but no preservation and improvement actions are undertaken for their exploitation; under these conditions, in the municipality of Bibala, there is a thermal spring called Montipa. The present work aims to evaluate the physical-chemical, microbiological and radiological quality of the thermal waters of Montipa, Bibala-Namibe municipality, socio-environmental aspects of the area under investigation; For which, a non-experimental analytical study was developed based on methods and techniques of physicochemical, microbiological and radiological analysis of water. It is concluded that in general, the Montipa hot springs have good physical-chemical, microbiological and radiological characteristics according to international and national standards. It is possible to make better use of this resource for human and therapeutic consumption, livestock troughs, agricultural irrigation and ecotourism.

Keywords:

Thermal waters, physical-chemical, microbiological and radiological quality, contamination, evaluation

INTRODUÇÃO

A água é composta por dois elementos químicos: hidrogénio e oxigénio, representados pela fórmula H₂O. Como substância, a água pura é incolor, inodora e insípida; quimicamente, nada se compara a este fluido. É um composto altamente estável, um solvente universal e uma poderosa fonte de energia química (Unglert, 2002).

A água é essencial para todos os seres vivos, apoia as actividades económicas, a preservação do meio ambiente e é um

fator de equilíbrio dos ecossistemas (Osés Aguilera et al., 2019). Nos últimos anos tem havido grande preocupação com este recurso, devido ao impacto social, político e económico causado pela sua escassez e pelo grau de contaminação química e biológica, etc., e em particular das fontes termais.

As águas minerais são produzidas por meio da mobilidade geoquímica dos elementos nelas dissolvidos, que está relacionada à capacidade de trânsito no sistema litosfera-biosfera-hidrosfera-atmosfera e está sujeita a factores como a capacidade de participação do elemento., sua ligação com a solubilidade depende do potencial iônico de cada um dos íons (Ramage, 2005; Cachapa et al., 2020). Em seu trajecto sob a superfície do solo, atravessa diferentes tipos de rochas e matações carregados de substâncias minerais como carbonato e sulfato de cálcio que se diluem na água, enriquecendo-a e fazendo com que adquira valiosas propriedades medicinais (Clementino & Alencar, 2008).

Nesse sentido, a hidroquímica fornece informações sobre a distribuição dos elementos e sua evolução espacial e temporal nos sistemas hídricos, a partir da análise das principais variáveis físico-químicas. Os resultados são a expressão dos processos químicos, físicos e biológicos que regem o meio aquático e auxiliam na caracterização dos aquíferos e na definição de seus problemas ambientais e planos de remediação (Riquelme, 2009).

Decreto-lei nº 6/02 do Código de Águas de Angola, de 21 de Junho de 2002, define água termal como água mineral quente, utilizável para fins terapêuticos (Ministério da Energia e Águas, 2002, art. 4º).

Nesse sentido, Quintela (2004) e Reis (2011) apontam que as fontes termais são muito importantes por apresentarem características de reabilitação, tratamento e promoção da saúde. Mas as actividades antrópicas em torno dos locais onde essas águas surgem, colocam em risco sua qualidade; portanto, é necessária a adopção de medidas que garantam a preservação de seus atributos mais puros, para que ela seja efectivamente adequada aos fins que lhe são conferidos pelo homem. De acordo com

a Lei nº 6/02, de 21 de Junho de 2002 (Ministério da Energia e Águas, 2002, art. 55 literal g), a concessionária de água deve garantir permanentemente a qualidade da água, realizando análises periódicas por laboratórios especializados.

Com o objectivo de avaliar a qualidade das águas termais na província do Namibe, foram realizados estudos sobre as propriedades físico-químicas e microbiológicas dessas águas entre 2015 e 2017, começando pelas águas de Montipa, no âmbito do projecto NAMTERMAZ, que consiste em o estudo da caracterização físico-química e microbiológica das águas termais da província localizada em Montipa, Ndolondolo, Pediva, Sayona e Tipa; bem como sua inserção no desenvolvimento socioeconómico da região.

A falta de saneamento básico nas áreas rurais, independentemente da forma de ocupação, é um factor preocupante, pois envolve um lançamento constante de poluentes no meio ambiente (Casali, 2008 citado por Domingos, 2019). O trabalho de investigação surge da falta de conhecimentos disponíveis sobre as qualidades das fontes termais de Montipa do ponto de vista físico-químico, microbiológico e radiológico. Segundo Kessongo (2018), por essa fonte ser facilmente acessível para uso pela população, a avaliação radiológica também deve ser destacada neste estudo, visto que a exposição da população ao radônio ocorre principalmente por inalação, resultando em radiação para o pulmão e, ao menor grau, a outros órgãos. No entanto, em condições de concentrações muito altas na água potável, a ingestão pode ser a principal fonte de contaminação de órgãos como o estômago.

Portanto, a avaliação radiológica da água também é importante para avaliar a concentração e as doses, em particular dos isótopos de meia-vida longa que podem circular nos sistemas públicos de distribuição de água e chegar ao usuário, permitindo, em algumas circunstâncias, essa exposição a radionuclídeos naturais podem exceder os níveis normais.

Neste contexto, foi desenvolvida esta investigação que visa avaliar a qualidade

das águas termais de Montipa, através da determinação de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e radiológicos para possíveis aplicações no consumo humano, ecoturismo, terapia, irrigação agrícola e bebedouro animal (Ganhou).

DESENVOLVIMENTO

Muitos autores definiram fontes termais de acordo com vários critérios; Assim, Carvalho (2013) relata que a água termal é uma peculiaridade da água subterrânea, enriquecida com minerais contidos em rochas e solos, com propriedades próprias e surgindo na superfície com temperatura superior à observada em águas comuns.

Da mesma forma, Espinha et al. (2003), relatam que do ponto de vista geológico ou mesmo hidrogeoquímico, a água é considerada térmica quando sua temperatura de emergência ultrapassa em 4°C a temperatura média anual do ar na região onde emerge.

As fontes termais originam-se da chuva que cai e se infiltra no solo e na rocha fissurada, atingindo profundidades superiores a 1.500 metros. Durante essa longa e lenta descida (1000 a 2000 anos), a água entra em contacto com as rochas, aquecendo-se com a troca de calor nas maiores profundidades. Depois de se tornarem minerais e térmicas, voltam à superfície e dão lugar a nascentes naturais (Haesbaert, 2010).

Características gerais das fontes termais

As características comuns das fontes termais são (Instituto Geológico e Mineiro (IGM), 1998; Teixeira, 2007; Nocco, 2008):

- São soluções naturais de origem subterrânea, bacteriologicamente puras;
- Derivam de um circuito hidrogeológico longo, profundo e lento;
- Possuem características físico-químicas particulares e propriedades geologicamente definidas, que permanecem constantes ao longo do tempo, sem mudanças sazonais;
- Com mineralização total de uma ampla gama de valores (de valores

menores que 50 mg / L a maiores que 1500 mg L).

Classificação de fontes termais

Segundo IGM (1998), Reis (2011) e Tiago (2017), existem vários critérios para a classificação das fontes termais, nomeadamente: origem geológica, temperatura de emergência, mineralização total e sua química (predominância de âmios e cátions).

De acordo com sua origem geológica, podem ser classificados como magmáticos e telúricos.

As águas magmáticas são primitivas e surgem de veios metálicos ou erupções vulcânicas. Suas temperaturas são muito altas, sempre acima de 50°C e possui um fluxo periódico, rítmico e constante. Este tipo de água é comum, apresentando elementos característicos de vapores metálicos como fósforo, boro, arsénio, cobre, etc.

Águas telúricas, ou águas de infiltração, podem surgir em qualquer terreno. Tem um caudal variável, dependendo das chuvas e estações do ano e a sua temperatura não é muito elevada (menos de 50 ° C). Nas águas telúricas encontram-se sais de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cloretos e bicarbonatos, entre outros.

Dependendo de sua temperatura, as fontes termais podem ser (Eyzaguirre, 2008, p. 36):

- Hipotermia: menos de 35°C.
- Mesotérmico: entre 35°C e 37°C.
- Hipertermal: mais de 37°C.

Segundo Santos (2011), a água termal, devido à sua química, engloba a mineralização total. Por sua vez, APIAM (2001), Teixeira (2007) e Reis (2011), a Comunidade Europeia apresenta a classificação das águas minerais conforme pode ser observado na **tabela 1** a seguir:

Tabela 1. Classificação das águas minerais

Classificação das águas minerais na Comunidade Europeia	Critérios
Classificação	
Oligomineral ou pouco mineralizada	O teor em sais minerais, calculado como resíduo fixo, não é superior a 500 mg/L
Muito pouco mineralizada	O teor em sais minerais, calculado como resíduo fixo, não é superior a 50 mg/L
Rica em sais minerais	O teor em sais minerais, calculado como resíduo fixo, é superior a 1500 mg/L
Bicarbonatada	O teor em bicarbonato é superior a 600 mg/L
Sulfatada	O teor em sulfatos é superior a 200 mg/L
Cloretada	O teor em cloro é superior a 200 mg/L
Cálcica	O teor em cálcio é superior a 150 mg/L
Magnesiana	O teor em magnésio é superior a 50 mg/L
Fluoretada	O teor em flúor é superior a 1 mg/L
Ferruginosa ou contendo ferro	O teor em ferro bivalente é superior a 1 mg/L
Acidulada	O teor em gás carbónico livre é superior a 250 mg/L
Sódica	O teor em sódio é superior a 200 mg/L
Hipossódica adequada para um regime pobre em sódio	O teor em sódio é inferior a 20 mg/L
Sulfúrea	O teor de enxofre tituláveis é igual ou superior a 1mg/L
Silicatada	O teor de sílica livre coloidal é igual ou superior a 10 mg/L
Gasocarbónica (carbogasosa ou acidulada)	O teor de anidrido carbónico livre é superior a 250 mg/L

Fonte: Adaptado do APIAM Notebook nº3 (2001), Teixeira (2007), Reis (2011)

METODOLOGIA

Visão geral da área de estudo

O estudo foi realizado no município da Bibala, pertencente à província do Namibe-

Angola, localizado nas coordenadas -14° 40' de latitude e 13° 10' de longitude, faz fronteira com a província da Huíla ao longo da Escarpa da Chela, tem uma área total de 7.612 km². A classificação climática é Aw (clima tropical com estação seca de inverno e chuvas de verão), levando em

consideração a classificação de Köppen e Geiger. A Bibala tem uma temperatura média de 26,2°C, sendo a temperatura mínima no mês de agosto, com um valor médio de 21,5°C. A precipitação média anual é de 815 mm. O mês mais seco é Junho, com 0 mm, e o mês de precipitação ascendente é Março com uma média de 248 mm.

Devido à sua condição geográfica interior, apresenta solo com características tipicamente tropicais, com presença de cambissolos, calcisolos e também fluvisolos. São identificados depósitos de granito, variedades pretas e branco, bem como mármores nas variedades pretas e branco. Do ponto de vista hidrográfico, a Bibala é uma zona com rios intermitentes, em que os leitos secam durante os meses de seca. Os principais rios do município são: o Munhino, o Dáreia, o Caitou, o Pirangombe, o Tchapitchapi, o Lola, o Ndukuta, o Muhnda e o Tchimbanque-Lute (Administração Municipal da Bibala, 2016 citado por Abel, 2018).

Recolha, acondicionamento e transporte de amostras

Para o procedimento de análise físico-química, foram retiradas amostras de água da nascente termal de onde saíram as bolhas e para as análises microbiológicas foram retiradas amostras em diferentes pontos, nomeadamente, na nascente e na piscina.

Nesse tipo de trabalho experimental, como para colectores de superfície, geralmente são utilizados frascos de vidro borossilicato (V e VB) ou polietileno (PE). Esses materiais são previamente esterilizados em autoclave a 121°C e 1 atm por 15 minutos ou em estufa de esterilização a 180°C por 2 horas. Quanto à identificação das amostras, todas as amostras foram etiquetadas com os seguintes dados: a data / hora da colecta, a identificação, caracterizando-as como água de nascente ou piscina e a quantidade de amostra.

As amostragens foram realizadas nas duas estações de Angola, que são a estação das chuvas (verão) e do cacimbo (inverno). Os parâmetros foram quantificados em datas diferentes; em 2017 os parâmetros físicos, em 2018 os parâmetros químicos e os

parâmetros microbiológicos em 2019. A colecta da amostra foi realizada com o máximo cuidado, evitando qualquer contaminação para que os resultados fossem apresentados com precisão e exactidão. Após a colecta, as amostras de água foram transportadas para o laboratório onde permaneceram fechadas nos potes e colocadas em refrigeradores para armazenamento a 4°C até o momento da análise, que deveria estar no laboratório nas próximas 24 horas.

A preparação da amostra foi realizada de acordo com as normas da American Public Health Association (APHA, 2005). Os dispositivos multiparâmetros HACH Lange DR 2800 e o pHmetro portátil HACH 2100 Qis foram usados para as análises físico-químicas.

O estudo do parâmetro radiológico foi realizado em 2018, onde foram analisadas 3 amostras de água cuidadosamente extraídas da nascente termal de Montipa em Setembro de 2018 e calculada a média das três amostras. Para preservar a qualidade da água, as amostras foram imediatamente lacradas em frascos especiais de 40 ml para evitar o menor vazamento de radônio. Segundo Kessongo (2018), esses frascos especiais garantem que a perda de radônio por vazamento seja a menor possível. Posteriormente, as amostras foram transportadas por via aérea para o Laboratório de Estudo dos Efeitos da Exposição ao Radão (LabExpoRad) localizado na Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.

Parâmetros físico-químicos medidos e metodologias analíticas

O pH, temperatura, condutividade eléctrica (CE), turbidez, cor, odor e sabor foram realizados preferencialmente no campo (*in situ*), imediatamente após a colheita, para evitar alterações em suas propriedades.

Outras amostras de água para análise foram realizadas nos laboratórios de água do Namibe e Lubango (*Ex situ*) e os seguintes parâmetros foram determinados: Total de sólidos dissolvidos (STD), Dureza total (CaCO₃), Cloreto (Cl⁻), Nitrato (NO₃⁻), Sulfatos (SO₄²⁻), Ferro total (Fe²⁺), Manganês (Mn²⁺), Amónio (NH₄⁺), Cloro residual (Cl⁻) e Alumínio (Al³⁺). O

dispositivo multiparamétrico HACH Lange DR 2800 foi utilizado para essas análises, seguindo os padrões APHA (2005).

Parâmetros microbiológicos medidos em laboratório e metodologias analíticas

Os seguintes parâmetros microbiológicos foram quantificados: coliformes totais, *Salmonella*, enterococos, estafilococos, enterobactérias. Dois métodos de análise foram usados para determinar os microrganismos, a saber, o método de filtração e o método de inoculação.

Para avaliação da qualidade microbiológica da água termal de Montipa, foram retiradas amostras e enviadas ao Laboratório Veterinário de Humpata. Duas metodologias foram utilizadas. A primeira técnica utilizada foi o isolamento de bactérias pelo método de inoculação.

Nesse método, as placas de Petri são inoculadas pela técnica de stripe depletion

que facilita o crescimento de colônias isoladas, etapa fundamental para a identificação de patógenos (Perreira & Petrechien, 2011).

A outra técnica foi realizada pelo método de filtração. É uma técnica utilizada na análise microbiológica de produtos hidrossolúveis, tem como objectivo a análise microbiológica de bebidas, águas residuais, casas de banho, etc. A técnica consiste em passar determinado volume de amostra por uma membrana de 0,45µm e incubar a membrana em meio de cultura adequado para a realização do ensaio. Todo esse processo deve ser realizado em ambiente asséptico, preferencialmente sob fluxo de ar laminar (Martins, 2019 citado por Domingos, 2019).

Os padrões microbiológicos de água para consumo humano estão listados na tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Padrão microbiológico de água para consumo humano

Parâmetros	VMP
Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 ml
enterococos	Ausência em 100 ml
Número de colônias a 22 ° C	100 Número/ml
Número de colônias a 37 ° C	20 Número/ml

Fuente: OMS (2013) citado por Domingos (2019)

Parâmetros radiológicos medidos em laboratório e metodologias analíticas Para determinar a concentração de radônio nas amostras de água, foi utilizado o equipamento RAD7, monitor de radônio fabricado pela empresa americana Durridge.

O RAD7 é um instrumento baseado em um detector de estado sólido capaz de medir, em tempo real, a concentração de radônio na água, no ar e no solo (Kessongo, 2018); conforme indicado na **figura 1**.

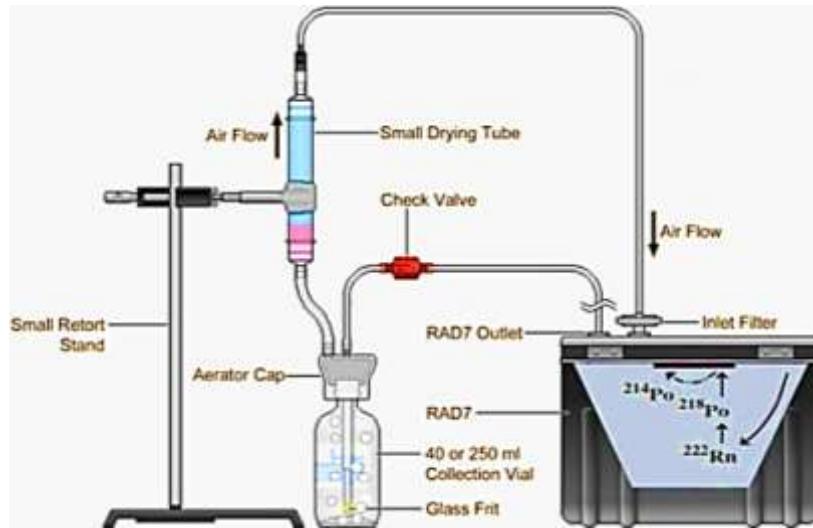


Figura 1. Diagrama de medição de radônio na água usando o equipamento RAD7
Fonte: Kessongo (2018)

Como Kessongo (2018) aponta, a técnica de medição RAD7 H₂O usa protocolos específicos que fornecem uma leitura directa da concentração de radônio em amostras de água. RAD7 usa silício como um material semicondutor que converte a radiação alfa emitida pelo radônio em um sinal eléctrico. O detector dentro do RAD7 é capaz de distinguir a partícula alfa liberada quando o radônio decai em polônio (^{218}Po) e quando decai em polônio (^{214}Po), cujas energias são 6 e 7,9 MeV, respectivamente.

Como as amostras foram analisadas 4 dias após a colecta, para compensar a perda de radônio devido ao seu decaimento, foi utilizado o valor 2.065 correspondente ao factor de correcção de decaimento. À

medida que a amostra se torna cada vez menos activa, a precisão analítica diminui; no entanto, a correcção de decomposição pode ser realizada para amostras contadas até 10 dias após a data de colecta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são analisados e discutidos os resultados dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e radiológicos obtidos através dos métodos e técnicas utilizadas.

Resultados dos parâmetros físico-químicos

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos nas análises físico-químicas realizadas.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros físico-químicos

Parâmetros físico-químicos	Unidades	Resultados Obtidos		VMA (OMS)	VIMA Resolução CONAMA (abeberamento de animais)	VMA Resolução CONAMA (irrigação)	VMA Resolução CONAMA (recreação)
		Verão	Inverno				
Cor		Incolor e limpa	Incolor e limpa	Incolor e limpa	Não objectável	Não objectável	Incolor e limpa
Sabor		Insípida	Insípida	Insípida	Não objectável	Não objectável	Insípida
Cheiro		Inodora	Inodora	Inodora	Não objectável	Não objectável	Inodora
Turvação	NTU	1,39	1,8	5	Não objectável	Não objectável	
Temperatura	°C	48,3	48,3	27	Não objectável	Não objectável	
Condutividade	µS/cm	811	659	2500	Não objectável	Não objectável	
Sólidos totais	mg/L	405,5	329,5	1000	500	500	500
pH	Sorense	9,1	8,4	6,5 – 9,0	6,0-9,0	4,5-9,0	6,0-9,0
Cloreto	(mg/L de Cl ⁻)	20,5	250	250	250	100-700	400
Sulfato	(mg/L de SO ₄ ²⁻)	102	400	400	1000	575	400
Dureza total	(mg/L de CaCO ₃)	106,95	80	500	Não objectável	Não objectável	Não objectável
Ferro Total	(mg/L de Fe ²⁺)	0,04	0,2	0,3	5,0	5,0	0,3
Alumínio	(mg/L de Al ³⁺)	0,09	0,01	0,2	5,0	5,0	0,2
Manganês	(mg/L de Mn ²⁺)	1,8	0,0	0,1	0,05	0,2	0,1
Amónio	(mg/L de NH ₄ ⁺)	0,02	0,01	0,50	Não objectável	Não objectável	Não objectável
Nitrato	(mg/L de NO ₃ ⁻)	5,4	6,5	50	90	50	10

Fuente: Tiago (2017), Abel (2018)

Discussão dos resultados dos parâmetros físico-químicos

Cor e sabor

Parâmetros como cor e sabor estavam de acordo com os requisitos, pois as amostras são límpidas e inodoras, características de água doce.

Condutividade eléctrica

Os resultados da condutividade eléctrica mostram uma pequena variação da ordem de 200 µS / cm, presume-se que este resultado seja devido a factores sazonais e que apesar desta variação, a água possui um grau de mineralização médio a limitado, mas com boa qualidade.

Temperatura

De acordo com os resultados obtidos com a temperatura, não há influência das condições sazonais. As águas termais de Montipa são consideradas hipertérmicas, uma vez que emanam a temperaturas superiores a 37°C, especificamente em torno dos 48°C.

Turbidez

Em relação à turbidez, este parâmetro é uma medida do grau de diminuição da transparência de um líquido, devido à presença de partículas em suspensão. Dependendo dos resultados, a água termal de Montipa está dentro dos requisitos legais, visto que este valor não ultrapassa 5 NTU.

Sólidos dissolvidos totais

Os valores de ETS obtidos possuem uma pequena variação em relação à sazonalidade, não muito acentuada, esta água apresenta valores de ETS entre 50 e 500 mg / L; tomando como referência as contribuições de Santos (2011), é considerada água hipomineralizada. Os valores de STD são apresentados na proporção de 50 e 500 mg / L.

Potencial de hidrogênio (pH)

Em geral, o valor do pH das amostras de água analisadas flutuou, com o valor máximo no verão com média de 9,1. A média do inverno foi de 8,4. Segundo

Szikszay (sf), esses valores analisados indicam que a água termal de Montipa possui um teor considerável de carbonatos e bicarbonatos, uma vez que as rochas dessa área apresentam alto teor de calcita (CaCO_3) e dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] Assim, as águas termais de Montipa são classificadas como alcalinas.

Sulfatos

Nos resultados de sulfato obtidos, pode-se notar uma grande variação. O teor de sulfato nas águas naturais é altamente variável, isso se deve ao material que o originou, ou seja, às características do solo e da rocha da região. A região de Montipa, além de apresentar rochas ígneas e metamórficas, também apresenta rochas sedimentares, embora não muito predominantes, essas rochas possuem gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e anidrita (CaSO_4) em sua composição. De acordo com os resultados, esta água termal de Montipa é considerada sulfatada. Uma vez que o conteúdo de sulfato excede 200 mg / L.

Cloreto

Os valores do ânion cloreto variaram, sendo máximos no inverno. Os cloretos na região de estudo são provenientes da dissolução de minerais. Szikszay (s / f) destaca que a presença de cloretos na água, no caso de lixiviação da terra, provém principalmente da dissolução do sal-gema e do sal de potássio. Mas também vale destacar uma possível acção antrópica como o esgoto doméstico. De acordo com os resultados, a água termal de Montipa é considerada clorada desde que seu teor de cloretos seja superior a 200 mg / L.

Dureza total

As amostras analisadas apresentaram variação nos valores de dureza total, a variação ocorre em função da natureza geológica do terreno por onde a água passa e com o qual tem contacto directo. Os solos da Bibala são principalmente calcários, dolomíticos, graníticos e com algumas porções de gesso. Portanto, os resultados mostram que o teor de carbonato aumenta devido à dissolução desses compostos, manifestando a dureza da água. A água da Bibala é classificada como moderadamente dura, pois seu conteúdo de carbonato de cálcio está entre 50-120 mg/l.

Amonio

Os resultados obtidos mostram variação nas duas estações. Um aumento na estação das chuvas. O aumento da amónia nas águas subterrâneas durante a estação chuvosa pode estar relacionado ao aumento do lençol freático.

Pelos resultados das duas estações, pode-se afirmar que a presença de amoníaco nas águas termais de Montipa tem influência sazonal. Como a área de estudo é agrícola e chuvosa, as possibilidades de contaminação por esse composto são maiores, pois no período das chuvas a água tende a se dissolver e incorporar materiais orgânicos e diversos fertilizantes que dão origem a esse composto.

Passar a ferro

Os valores do ferro apresentaram variações, sendo máximos no inverno. Segundo AMB (2016) citado por Abel (2018), a Bibala possui um solo ferralítico tropical, isto é denotado pela presença de rochas ígneas. A presença de íons de ferro (Fe^{2+}) nas fontes termais de Montipa se deve à alcalinidade da água.

Nitrato

Os valores de nitrato nas duas safras não apresentaram variações muito expressivas. As significativas quantidades de nitrato na água devem-se a fertilizantes químicos de origem agrícola, por lixiviação do solo, escoamento de fazendas de gado, esgoto doméstico e esgoto. Geralmente, o conteúdo de nitrato em águas subterrâneas naturais varia de 0,1 a 10 mg / L.

Alumínio

A variação da presença de alumínio na água de Montipa é influenciada pelo pH, temperatura e presença de sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. Segundo Szikszay (s / f), o Al^{3+} com $\text{pH} < 5$ e $\text{pH} > 7,5$ pode estar em solução em quantidades muito pequenas, pois grande parte é fixada para a formação de argilas. Assim, justifica-se que os valores obtidos são devidos principalmente à alcalinidade da água do local de estudo.

Manganês

A presença ou ausência de manganês nas águas subterrâneas depende de seus

estados de oxidação e condições de pH. Segundo Szikszy (sf), os elevados valores de manganês encontrados nas águas de Montipa podem ser devidos a anomalias geoquímicas que podem ser causadas por factores geológicos e físico-químicos.

Picanços et al. (2002) apontam que o teor muito alto de manganês na água também indica contaminação antropogénica.

Resultados dos parâmetros microbiológicos

A seguinte **tabela 3** mostra os resultados da análise microbiológica.

Tabela 3. Resultados dos parâmetros microbiológicos

Resultados de microbiologia							
PARÂMETROS	ÁGUA DA PISCINA Nº1 (Montipa)	ÁGUA DA PISCINA Nº2 (Montipa)	ÁGUA DA FONTE Nº1 (Montipa)	ÁGUA DA FONTE Nº2 (Montipa)	ÁGUA DA FONTE Nº3 (Montipa)	ÁGUA DA FONTE Nº4 (Montipa)	ÁGUA DA FONTE Nº5 (Montipa)
Enterococos	Positivo	positivo	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml
Salmonela spp	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml
Enterobactérias	Positivo	Positivo	Ausência/ml	10^3 UFC/ml	10^3 UFC/ml	10^3 UFC/ml	10^3 UFC/ml
Coliformes Totais	<100 Bactérias/ml	<100 Bactérias/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml
Cont. Mesóf. Totais	5×10^3 UFC/ml	3×10^3 UFC/ml	<100 UFC/ml	10^3 UFC/ml	Ausência/ml	Intocáveis	1×10^3 UFC/ml
Estafilococos	Positivo	Positivo	<100 UFC/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	Ausência/ml	< 10^3 UFC/ml
OBS:	Presença de partículas suspensas	Presença de partículas suspensas	Presença de partículas pretas no fundo copo e insectos	Presença de partículas pretas no fundo copo e insectos	Presença de partículas pretas no fundo copo e sedimentos	Presença de partículas pequenas no copo	Presença de partículas pequenas no fundo copo

Fonte: Domingos (2019)

Discussão dos resultados

microbiológicos

Coliformes totais

Os resultados obtidos para a investigação de coliformes totais foram positivos em 2 das 7 amostras da água termal de Montipa, mas estas foram provenientes das amostras retiradas da piscina. Em relação às outras 5 amostras da fonte, os resultados foram negativos. A presença de contaminantes em 2 amostras pode ser explicada pelo fato de a água da piscina ser acessível à população para banho e o tratamento adequado não ter sido realizado.

Salmonella

Para a investigação de Salmonella na água termal de Montipa, das 7 amostras de água o resultado foi negativo.

Enterococci

Das 7 placas de Petri utilizadas para o isolamento de enterococos, 2 amostras de água das piscinas 1 e 2 foram identificadas,

e as outras 5 amostras de água da fonte estavam ausentes.

Estafílico

Houve variação nas amostras examinadas, as colectadas nos grupos 1 e 2 são positivas, e na amostra das fontes 1 e 5 o resultado está fora dos padrões para consumo humano segundo a OMS (2011). No entanto, os resultados das outras amostras das fontes 2, 3 e 4 foram a ausência deste microrganismo.

Mesó filos totais

De acordo com as variâncias dos resultados das amostras, referentes à contagem de microrganismos mesófilos, as amostras do pool 1 e 2 foram confirmadas; Porém, nas amostras de água das nascentes apresentam valores acima do VMA (Valores Máximos Admissíveis), com excepção da amostra 3 que estava ausente, a justificativa pode ser o caso de que os pontos onde as amostras foram colectadas sejam os mais utilizados pela população,

introduzindo inúmeros recipientes que podem estar contaminados.

Enterobacter

Os resultados das amostras do pool foram positivos para as fontes 2, 3 e 4, que estavam acima do AMV onde o padrão de acordo com os regulamentos da OMS

(2011) para ingestão directa é de até 20 UFC / ml, para a fonte 1 não houve enterobacter.

Resultados de parâmetros radiológicos

A Tabela 5 mostra os resultados das concentrações de radônio nas amostras de água.

Tabela 5. Resultados das concentrações de radônio em amostras de água

Concentração de radônio em BqL-1	1ra amostra	2da amostra	3ra amostra	Media
	8.08 ± 1.0	7,89 ± 0,9	8,52 ± 1,1	8,16 ± 1,0

Fonte: Kessongo (2018)

Discussão dos resultados da concentração de radônio

O radônio 222 Rn é um gás nobre radioativo de origem natural, resultante da série de decaimento 238 U, presente no meio ambiente, incluindo ar, solo e água; as áreas graníticas têm as maiores concentrações de radônio.

Pelos resultados obtidos, constatou-se que, em todas as medições, os valores ficaram abaixo do limite de 100 BqL-1 recomendado pela OMS e abaixo do limite de 11 BqL-1 estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA).

Devido à limitação da legislação angolana no que se refere à água para irrigação, cocho para gado, recreação e medidas preventivas quanto à concentração de radônio na água para consumo humano, os valores obtidos neste estudo foram comparados com os limites recomendados pela OMS, EUA- Resolução EPA e CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 no Brasil.

Por fim, pretende-se que os resultados do conhecimento sobre as fontes termais de Montipa sejam integrados num instrumento de gestão sustentável da água, planeamento estratégico e gestão ambiental na província do Namibe.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através dos métodos e técnicas utilizadas permitem concluir que:

- O município de Bibala, localizado na província do Namibe, é caracterizado por uma estrutura geológica granítica, com presença de calcite, dolomítica e algumas porções de gesso.
- Através dos resultados obtidos nas análises físico-químicas, foram observadas variações nos valores paramétricos nas duas estações (verão e inverno), mas todos os parâmetros quantificados estão dentro dos padrões atuais tanto a nível nacional como internacional. Dependendo dos resultados, a água do spa Montipa é classificada como inodora, insípida, incolor, moderadamente dura, sulfatada, clorada e alcalina.
- Os resultados obtidos nas análises microbiológicas realizadas em amostras de água da nascente termal de Montipa, permitem afirmar que existe uma ausência de coliformes totais, salmonelas e enterococos, de acordo com os valores estabelecidos pela OMS. Esta água é classificada como bacteriologicamente pura.
- A quantidade variável de radônio na área de estudo é devido à estrutura geológica que contém o urânio 238U. Pelas medições realizadas neste estudo, as amostras de água colectadas em Montipa apresentam em média $8,16 \pm 1,0$ Bq L-1. Os valores medidos estão abaixo dos limites de 100 BqL-1 recomendados

- pela OMS e do valor de 11 BqL⁻¹ recomendados pela US-EPA.
- Em geral, as fontes termais de Montipa apresentam boas características físico-químicas, microbiológicas e radiológicas de acordo com as normas internacionais e nacionais. Nesse sentido, é possível fazer um melhor aproveitamento desse recurso para consumo humano (com orientação médica), terapêutico, cocho animal (gado), irrigação agrícola e ecoturismo.

LIMITAÇÕES E ESTUDOS FUTUROS

A limitação do estudo reside no seu escopo local, restrito ao município de Bibala. Os investigadores pretendem dar continuidade a esta linha de investigação noutras territórios angolanos.

RECONHECIMENTO

Os investigadores apreciam as sugestões e recomendações feitas por colegas da Universidade do Namibe em Angola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel, M. K. (2018). Evaluación de la calidad química de las aguas termales de Montipa Bibala-Namibe. (Tesis de Grado). Moçâmedes: Escuela Politécnica de Namibe.
- APHA. Asociación Estadounidense de Salud Pública (2005). Eaton Andrew D. Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas Federación Ambiental del Agua. Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. Washington, DC: APHA - AWWW - WE.
- APIAM (2001). Descubre las aguas naturales para saber elegir. Cuaderno APIAM nº3. http://extranet.apiam.pt/upload/documents/17_Caderno%20APIAM%20n%BA%203.pdf
- Cachapa, A. F., Kamota Abel, M., & de Oliveira, L. N. (2020). O papel da educação ambiental na protecção e valorização de um recurso natural: Caso das águas termais da Montipa, Bibala-Angola. *Sociedad & Tecnología*, 3(2), 51–61. <https://doi.org/10.51247/st.v3i2.86>
- Carvalho, A. M. (2013). Evaluación de la calidad de las aguas termales sulfurosas distribuidas en los manantiales de la ciudad de Poços de caldas-MG. Jarabes: SN
- Clementino, M. R. & Alencar, J. R. (2008). Química analítica. Artículo de investigación. Carbono orgánico total: Metodología analítica y aplicaciones para una industria.
- Domingos, L. N. (2019). Evaluación microbiológica del agua termal de Montipa-Bibala. (Monografía de Grado en Ingeniería Ambiental). Escuela Politécnica de Namibe. Moçâmedes
- Espinha, J. M., Marques, M. J., Chimney, I. H., Gomes, A. A., Fonseca, E. P., Carvalho, M. J. & Borges, S. F. (2003). Termas de Poço Quente. *La Coruña*, 28.
- Eyzaguirre, F. (2008). Importancia de la medicina térmica. Madrid: Facultad de Medicina. Universidad Complutense.
- Haesbaert, N. (2010). Lineamientos para el uso de Aguas Termales. Manual básico (1^a ed.). Goias: Edt.
- IGM. Instituto Geológico y Minero. (1998). Recursos geotérmicos en Portugal continental: baja entalpía. Sistema de Información Geográfica e-Geo-Nacional. http://egeo.inetи.pt/edicoes_online/diversos/rec_geotermicos/texto.htm
- Kessongo, J. (2018). Evaluación radiológica (radón) en las aguas termales de Montipa. (Tesis de doctorado). Facultad de Ciencias. Universidad de Beira Interior, Covilhã, Portugal.
- Ministerio de Energía y Agua (21 de junio de 2002). Decreto Ley nº 6/02. Código de aguas de Angola. Ministerio de Energía y Agua. Angola.
- Ministerio de Energía y Agua (21 de junio de 2006). Ley Nº 21. Calidad del agua. Angola. <http://www.faolex.fao.org.com>

- Nocco, P. B. (2008). Agua mineral como cura. *Gesch Pharm*, 29.
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2011). Directrices para la calidad del agua potable. sl: cuarta ed.http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/.
- Osés Aguilera, R., Cabrera Álvarez, E. N., & Cruz Moreira, J. I. (2019). Sistema Informático para el Control Ambiental de la Montaña en Cienfuegos, Cuba. *Sociedad & Tecnología*, 2(1), 18–26. <https://doi.org/10.51247/st.v2i1.15>
- Perreira, R. E. & Petrechien, G. G. (2011). Principales métodos de diagnóstico bacteriano. *Revista científica de medicina veterinaria*. Año IX, Num. 16. http://faef.revista.inf.br/images_arquivos/arquivos_destaque/u94lwYWgePGj05L_2013-6-26-11-11-29.pdf
- Picanços, F., Lopes, E. y Souza, E. (2002). Factores responsables de la presencia de hierro en aguas subterráneas en la Región Metropolitana de Belém / PA. São Paulo. Brasil: PA.
- Quintela, M. M. (2004). *Sanación térmica: entre prácticas "populares" y conocimiento científico*. VIII Congreso Luso-Afro-Brasileño de Ciencias Sociales, La Cuestión Social del Nuevo Milenio, (pp. 1-18).
- Ramage, L. (2005). Hidrogeoquímica del sistema acuífero granular Cenozoico en Porto Alegre, RS. (Tesis de Master). Instituto de Geociencias, Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Reis, M. M. (2011). *Potencial hidromineral de las aguas hipertermales del sistema acuífero Guarani en el Estado de São Paulo* (Tesis de Master). Rio Claro (SP), Brasil: Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociencias y Ciencias Exactas Campus de Rio Claro.
- Riquelme, P. A. (2009). Caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas de la cuenca del río Itata. Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- Santos, A. C. (2011). *Propiedades dermatológicas y aplicaciones de las Aguas Termales* (Tesis de Grado). Porto, Portugal: Universidad Fernando Pessoa - Facultad de Ciencias de la Salud. <http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2438/3/Monografia.pdf>
- Szikszay, M. (s/f). *Geoquímica del agua*. Instituto de Geociencias de la Universidad de São Paulo.
- Teixeira, F. (2007). Diaporama de Hidrología Médica (Curso de Postgrado en Termalismo en la Universidad de Beira Interior-UBI. Beira Interior.
- Tiago, E. N. (2017). Caracterización Física de las Aguas Termales de Montipa en el Municipio de Bibala-Namibe, Posibles Aplicaciones (Tesis de Grado). Moçâmedes: Escuela Politécnica de Namibe.
- Unglert, C. (2002). Empresa Ambiental del Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil: Secretaria de Estado de Medio Ambiente.

CONTRIBUCIÓN DE LOS COAUTORES

Todos los autores participaron activamente en la ejecución de la investigación y elaboración del ensayo; aunque cada uno con responsabilidades específicas que se relacionan en el siguiente cuadro.

Cuadro resumen de la contribución de los coautores

Coautor	Responsabilidad
Agustín Francisco Cachapa	Proyectó y controló las actividades investigativas. Participó en la aplicación de los métodos y técnicas de análisis físico-químico, microbiológico y radiológico de las muestras de agua recolectadas. Redactó el ensayo.
Martins Kamota Abel	Participó en la recolección de las muestras. Participó en el análisis y discusión de los resultados. Redacción del ensayo.
Laura Noemia de Olveira	Participó en la recolección de las muestras. Participó en el análisis y discusión de los resultados. Redacción del ensayo.
Joaquim Kessongo	Aplicación de los métodos y técnicas de análisis. Participó en el análisis y discusión de los resultados. Redacción del ensayo.

Agostinho Francisco Cachapa

Professor Catedrático, Licenciado en Ciências Pedagógicas especialidad Química por el instituto de Ciências Pedagógica Enrique José Carona. Habana. Dr. C En Ciências Química por la Universidad de la Laguna Espanha. Cordinador adjunto de la comisión instaladora de la universidad de Namibe para el área académica.