

Análises físico-químicas da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas em cidades do interior de Pernambuco

A escassez de água é um problema característico de diversas regiões, uma solução viável e alternativa é o armazenamento de águas de chuvas em cisternas, que se tornou popular em distintas regiões. Enfatizando o semiárido brasileiro, a pesquisa em questão tomou como área de estudo o Agreste e a Zona da Mata de Pernambuco, captando amostras de águas de chuvas armazenadas em cisterna e caracterizando-as através de 13 diferentes análises físico-químicas, correlacionando seus resultados com os aspectos geográficos, frequência de limpeza nas cisternas e outros possíveis fatores que resultam em alterações de suas características, associando às suas respectivas finalidades, fundamentando-se à resolução CONAMA N° 357 de março de 2005 e a portaria de consolidação N° 05 de setembro de 2017 anexo XX. Evidenciou-se que 67% das amostras coletadas são destinadas para fins não potáveis, embora apenas 33,33% realizam algum tipo de tratamento da água armazenada. Os resultados indicaram alta concentração de magnésio, dureza, alteração do pH e índice elevado de oxigênio dissolvido. A partir dos resultados, foi possível identificar que as águas de chuvas são indicadas para fins não potáveis, embora necessite de tratamento básico para adequar suas características.

Palavras-chave: Escassez de água; Captação de água de chuva; Cisternas; Portaria de Consolidação N. 05 anexo XX.

Physical-chemical analysis of the quality of rainwater stored in cisterns in cities in the interior of Pernambuco

Water scarcity is a problem characteristic of several regions, a viable alternative solution is the storage of rainwater in cisterns, which has become popular in different regions. Emphasizing the Brazilian semi-arid region, the research in question taking as its study area the Agreste and Zona da Mata de Pernambuco, capturing rainwater stored in cisterns and characterizing them through 13 different physical-chemical analyzes, correlating their results with the aspects geographic areas, frequency of cleaning in cisterns and other possible factors that result in changes in their characteristics, associating them to their last purposes, based on CONAMA Resolution No. 357 of March 2005, Ordinance No. 2,914 of December 2011, Ordinance N° 518 of March 2004. It was evidenced that 67% of the collected are destined for non-drinking purposes, although only 33.33% perform some type of treatment of the stored water. The results indicated high magnesium concentration, hardness, pH change and high dissolved oxygen index. From the results, it was possible to identify that rainwater is indicated for non-drinking purposes, although it needs basic treatment to adapt its characteristics.

Keywords: Water shortage; Rainwater collection; Cisterns; Consolidation Ordinance N. 05 annex XX.

Topic: **Engenharia Química**

Received: **19/12/2020**

Approved: **11/03/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Graziella Ferreira de Melo 
Centro Universitário do Vale do Ipojuca, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5084749887691686>
<http://orcid.org/0000-0002-2022-8649>
gferreirademelo@outlook.com

Edimiley Nawanny Vieira da Silva
Centro Universitário do Vale do Ipojuca, Brasil
<http://orcid.org/0000-0001-9052-7284>
edimiley.nawany@gmail.com

Hôrtencia Júlia de Souza 
Centro Universitário do Vale do Ipojuca, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6956571018064961>
<http://orcid.org/0000-0002-3471-4437>
hortenciajulia@hotmail.com

Lígia Rodrigues Sampaio
Centro Universitário do Vale do Ipojuca, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0930588185514106>
ligiasampaio@yahoo.com.br

Mylena Renata de Oliveira
Centro Universitário do Vale do Ipojuca, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0527485011430091>
mylenarenata35@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0015

Referencing this:

MELO, G. F.; SILVA, E. N. V.; SOUZA, H. J.; SAMPAIO, L. R.; OLIVEIRA, M. R.. Análises físico-químicas da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas em cidades do interior de Pernambuco.

Engineering Sciences, v.9, n.1, p.148-161, 2021. DOI:
<http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0015>

INTRODUÇÃO

O escasso recurso da água doce para finalidades de consumo industrial, agrícola e de lazer, apresenta-se como contemporânea preocupação entre ambientalistas e pesquisadores (GNADLINGER, 2015; BARROS, 2018; SILVA et al., 2019; RIBEIRO et al., 2017; ARAÚJO et al., 2017). O maior percentual de utilização de água doce no Brasil é destinado à agricultura, sendo 75% deste montante direcionada para a técnica de irrigação segundo o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2018). No entanto, o segmento industrial e residencial apresenta demanda considerável por esse recurso. A utilização de água no setor residencial é, em sua maioria, na forma potável e sua distribuição é predominantemente destinada para fins não potáveis, enfatizando-se assim, a necessidade de conscientização quanto a sua utilização e buscas de fontes alternativas deste recurso hídrico (SILVA, 2018).

A água de chuva apresenta-se como uma viável opção para aplicações de processos os quais não se requer necessariamente de água potável, na medida em que este apresenta características comumente aptas para estas aplicações. Entretanto, este recurso pluvial deve se enquadrar em parâmetros definidos pela resolução do CONAMA N° 357 de março de 2005 e pela portaria de consolidação N° 05 anexo XX, de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

As análises físico-químicas e biológicas identificam e quantificam espécies iônicas, elementos químicos e micro-organismos (PARRON et al., 2011), sendo estes procedimentos responsáveis por caracterizar a água estudada. Para cada finalidade de aplicação do recurso hídrico, torna-se necessário que os resultados obtidos através das análises estejam dentro de valores referenciais, de resoluções legais e portarias governamentais, a fim de se ter um padrão ótimo de qualidade do produto oriundo do processo específico.

O Brasil, embora sendo classificado como um dos países que mais dispõe de recursos hídricos, apresenta distribuição irregular desta riqueza em seu território. Nesse sentido, há situações em que a demanda de água potável não é atendida devido ao alto índice demográfico de algumas regiões. Destaca-se também às condições climáticas e geológicas extremas, que estão associados diretamente a sua localização sendo o Nordeste a região brasileira mais atingida por tal situação. O semiárido brasileiro é caracterizado pela escassez de chuva e normalmente descrito como tendo rios pobres e temporários.

A captação de águas de chuvas e armazenamento em cisternas tornou-se uma das possíveis soluções para tal problemática, onde a população rural vem sendo a mais beneficiada por tal implementação, direcionando a água coletada para diversos fins, como agricultura e atividades domésticas. No entanto para fins corretivos e melhor utilização da água pluviométrica, é adequado caracterizá-la para avaliar se o direcionamento está sendo o mais correto, e de fato o mais quimicamente viável (GNADLINGER, 2001).

Diante deste contexto, o objetivo principal deste trabalho consistiu em avaliar os resultados obtidos através das análises físico-químicas das amostras de águas de chuvas armazenadas em cisternas nas regiões

do Agreste e Zona da Mata de Pernambuco, à fim de verificar os respectivos parâmetros, enquadrando-as, e relacionando às respectivas aplicações. Compreendendo as características das águas analisadas, relacionando-as aos aspectos geográficos, atividades dos setores primários e secundários próximas à região de captação, frequência de limpeza nas cisternas e outras possíveis particularidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo se deu no Estado de Pernambuco, que tem extensão territorial de 98.067,881 km², segundo o IBGE. Sendo dividido em seis mesorregiões: Fernando de Noronha, Metropolitana do Recife, Mata Pernambucana, Agreste Pernambuco, Sertão Pernambuco e São Francisco Pernambucano, de acordo com a Base de Dados do Estado.

Foram selecionadas para estudo duas mesorregiões do estado, Agreste e Zona da Mata. Ambas as regiões têm subdivisões territoriais e dentre elas a pesquisa foi realizada nas microrregiões: Agreste Central, Agreste Meridional e Mata Sul. As cidades que compõem a área de estudo são representadas na Figura 1, e estão localizadas a pouco mais de 100 km de distância em linha reta de uma para outra.



Figura 1: Localização geográfica dos pontos de captação.

Segundo Andrade (2007), a diferenciação climática no território Pernambuco, resulta na quantidade e distribuição do índice de chuva. A região da Mata Sul tem precipitação média anual de 1525,9 mm, o Agreste Central tem precipitação média anual de 639,0 mm, já o Agreste Meridional tem o índice médio anual de precipitação de 738,8 mm, segundo a Agência Pernambucana de Águas e Climas. Na tabela 1, estão indicados os níveis de pluviosidade média anual para cada cidade ponto de coleta.

Tabela 1: Cidades de referência e pluviosidade média anual em cada uma.

Região	Cidade	Pluviosidade média anual
Agreste Central	Altinho	740,5 mm
	Belo Jardim	610,1 mm
	São Joaquim do Monte	852,4 mm
Agreste Meridional	Caetés	538,3 mm
Mata Sul	Catende	1.546,6 mm

De acordo com Mendonça (2016), a vegetação do estado pernambucano é distinta por floresta tropical, cerrado, caatinga e vegetação litorânea. A região Agreste pode apresentar dois tipos de vegetações peculiares: a caatinga, ocupando maior extensão, e os brejos de altitude. Rodrigues et al. (2008) afirma que os Brejos de Altitude representam áreas de exceção no contexto da Zona do Agreste, favorecidos por condições naturais mais amenas que aquelas das caatingas circundantes.

Segundo Santiago et al. (2004) a Zona da Mata onde se encontra a Floresta Atlântica representa um ponto de ligação das florestas orientais brasileiras, que vêm do Sul, com as florestas equatoriais brasileiras, que vêm da Amazônia, e ocupa aproximadamente 15,7% da área total do Estado de Pernambuco.

Captação e armazenamento da água

A técnica do aproveitamento de água da chuva é antiga, seu armazenamento é, por muitas das vezes, fonte principal de abastecimento em regiões rurais sem acesso a água potável para o consumo humano. Vários sistemas de captação e armazenamento de água de chuva vem sendo implementados em regiões áridas e semiáridas do mundo, levando em consideração o baixo custo e a garantia de condições mínimas de sustentabilidade da população. Esses sistemas permitem a utilização dessa água armazenada tanto para consumo humano, quanto para dessedentação de animais (LIMA, 2015). A utilização da água de chuva para fins diversos torna-se cada vez mais uma prática comum, sendo econômica e sustentável. A destinação para fins pessoal como determinadas atividades domésticas, para fins econômicos como para a agricultura e certo processos industriais já é retratado na literatura como viável (LOPES et al., 2002; VALLE et al., 2007).

a) Captação por calhas



b) Área de calçada de cisterna

**Figura 2:** Métodos de captação da água de chuva.

Durante as coletas foram detectados dois sistemas de captação de água de chuva, os quais possuem áreas de captação distintas. No primeiro mecanismo temos um sistema que abrange à área de captação através dos telhados das casas, ocorrendo a distribuição e transporte da água por canaletas e sendo direcionada para o reservatório, como demonstrando na figura 2-a. Já o sistema de captação via cisterna-calçada, como exemplificado na figura 2-b difere do anterior, o calçada tem área de 200 m², ao qual é

destinada para captação de água de chuvas, que irá escoar do calçadão até a cisterna através de um cano que os conectam.

As cisternas do estudo em questão foram construídas a partir de um programa do Governo Federal, denominado Um Milhão de Cisternas, que tem como alvo principal as famílias de baixa renda do semiárido brasileiro e são capazes de armazenar até 52 mil litros de água.

Coleta

Foram realizadas seis coletas de amostras de água provenientes de chuvas, utilizando-se garrafas de polietileno com capacidade de armazenamento para 2L, previamente lavadas e esterilizadas. Todo procedimento foi realizado de acordo com as instruções estabelecidas pelo manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água, elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

A realização desses procedimentos ocorreu de forma padronizada, utilizando equipamentos de proteção individual para evitar possíveis contaminações por contato. Levando isso em consideração, às amostras foram coletadas a 30 centímetros de profundidade para evitar escoamento da água superficial.

As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório de Engenharia Química, do Centro Universitário Vale do Ipojuca (UNIFAVIP/Wyden). O procedimento de coleta e todas as análises realizadas deu-se respeitando um período de menos de 24 horas, no intuito de evitar a invalidação das amostras ou possíveis alterações nos resultados. A tabela 2 apresenta os pontos de captação por períodos de coletas.

Tabela 2: Pontos de captação e período de coleta.

Pontos de captação	Cidade	Período de coleta
01	São Joaquim do Monte	Novembro de 2019
02	Belo Jardim	Novembro de 2019
03	Belo Jardim	Novembro de 2019
04	Caetés	Novembro de 2019
05	Catende	Março de 2020
06	Altinho	Março de 2020

Parâmetros analisados

Os parâmetros físico-químicos analisados foram os de acidez, alcalinidade total, cálcio, cloretos, cloro livre, cloro total, dureza total, gás carbônico livre, magnésio, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, temperatura e turbidez. Como parâmetro biológico, foi determinada a matéria orgânica presente.

A análise de acidez das amostras foi realizada pelo método de titulação com NaOH 0,02N, a alcalinidade total foi determinada através da titulação com H₂SO₄ 0,02 M, o cálcio foi determinado titulando-o com EDTA 0,01 mol/L, o índice de cloretos foi determinado pela titulação com AgNO₃ 0,01 mol/L. A dureza total foi determinada pela titulação com EDTA 0,01 M, o índice de gás carbônico livre foi analisado através da titulação com NaOH 0,02 M, o magnésio presente nas amostras foi medido pela titulação com EDTA 0,01 mol/L acrescido de uma solução tampão de pH igual a 10. O índice de oxigênio dissolvido foi determinado após a adição das soluções de MnCl₂ 80%, NaOH 30% m/v, KI 10% m/v e HCl 50% v/v em seguida titulado com Na₂S₂O₃ 0,025 mol/L.

Diferente dos parâmetros anteriores, alguns puderam ser determinados por meio da utilização de equipamentos para suas respectivas finalidades. O potencial hidrogeniônico foi analisado utilizando-se um pHmetro devidamente estabilizado. Com o auxílio de um turbidímetro e através da metodologia nefelométrica, o índice de turbidez foi determinado. Já para determinação dos índices de cloro livre e total, um clorímetro foi utilizado.

O método de análise do único parâmetro biológico determinado foi por meio da oxidação da matéria orgânica por Permanganato de Potássio em meio ácido. A titulação foi feita com ácido oxálico 0,7875 g/L.

Parâmetros de potabilidade

O estudo realizado adotou como critério de potabilidade para os parâmetros referências instituídas na resolução CONAMA N° 357 de março de 2005 e na portaria de consolidação N° 05 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, anexo XX.

Exceto para os parâmetros de acidez e gás carbônico livre, essas análises não analisadas tendo como referência os padrões de potabilidade, visto que a acidez mede a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causada pelas bases e o parâmetro de gás carbônico livre se encontrado em concentrações maiores que 10 mg/L, pode ocasionar corrosão em estruturas metálicas e materiais a base de cimento, devido a isso, seu teor deve ser controlado.

Tabela 3: Padrão de potabilidade da água para o consumo humano.

Parâmetro	Padrão de Potabilidade	Referência
Acidez	N/D	N/D
Alcalinidade total	N/D	N/D
Temperatura	N/A	N/A
Cálcio	Até 500 mg/L	Portaria de Consolidação N°05/2017
Cloretos	250 mg/L	Portaria de Consolidação N°05/2017
Cloro residual livre	2,0 mg/L	Portaria de Consolidação N°05/2017
Dureza total	500 mg/L	Portaria de Consolidação N°05/2017
Turbidez	5,0 UT	Portaria de Consolidação N°05/2017
Magnésio	N/D	N/D
Oxigênio dissolvido	>6 mg/L O ₂	Resolução CONAMA N°357/2005
pH	6 a 9	Resolução CONAMA N°357/2005
Matéria orgânica	N/D	N/D
Gás carbônico livre	N/D	N/D

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas 6 amostras de águas em diferentes regiões do Agreste e Zona da Mata, do interior de Pernambuco, realizando 13 diferentes tipos de análises físico-química, com a proposta de caracterizá-las e compreender tais descrições de acordo com os diferentes aspectos que as englobam.

Os diferentes pontos de captação, propuseram diferentes dados e resultados diante das análises laboratoriais, foi perceptível as diferentes finalidades que são destinadas tais águas, os dados mostraram que a maioria dos proprietários ao qual dispuseram suas cisternas para coletas para esta pesquisa, destinam tal tipo de água para fins não potáveis (Figura 3), logo a pesquisa em questão e o tratamento de dados, utilizou como parâmetros de comparações a Portaria de Consolidação N° 05 de setembro de 2017 anexo XX, que Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) define como “Dispõe sobre os procedimentos de controle e

de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”.

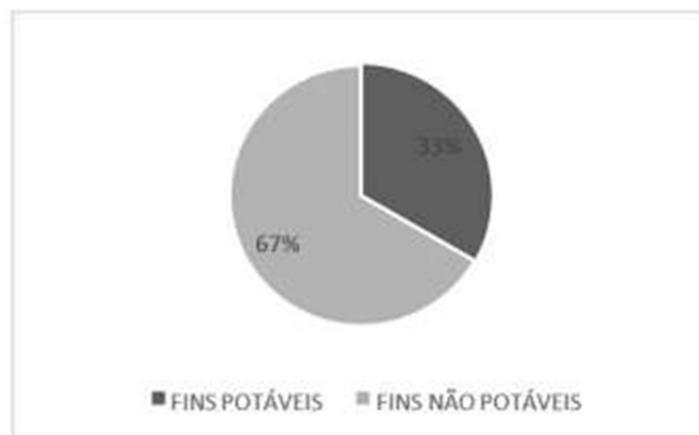


Figura 3: Relação da utilização das amostras de águas coletadas.

A tabela 4 explicita os resultados quantitativos das principais análises físico-químicas de águas, em função dos seus respectivos pontos de coleta, em diferentes tipos de cisternas. As águas de chuvas são consideradas parcialmente destiladas, tendo sua caracterização considerada reaproveitável. Segundo Andrade (2007), a água das chuvas tem qualidade excelente para vários usos, inclusive potável, com seu devido tratamento, exceto em regiões onde há grande poluição atmosférica, com alto índice populacional ou fortemente industrializadas. Metais pesados como chumbo, podem ser bastante perigosos quando se apresentam em altas concentrações na atmosfera. Também, substâncias orgânicas presentes em praguicidas e herbicidas podem contaminar a água da chuva, no entanto fatores geográficos, pontos de armazenamento próximos de indústrias, manutenção e limpezas das cisternas e processos de tratamento prévio de águas, influenciam e designam a qualidade de tais águas de chuvas, que embora inicialmente sejam águas com características semelhantes aos parâmetros ideais de potabilidade, posterior ao processo de precipitação e armazenamento, pode ocorrer alterações bruscas em suas características.

Tabela 4: Resultados obtidos através das análises.

Ponto	Acidez (mg/L)	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Cálcio (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Cloro Livre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Gás Carbônico Livre (mg/L)	Matéria Orgânica (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
01	16,48	57,0	10,0	0,3191	0,23	0,24	384,02	394,02	16,34	4,15	4,0	7,03	24,0	2,29
02	1,0	50,0	9,5	0,0443	0,39	0,41	113,26	122,76	N/D	5,0	13,0	8,28	24,0	5,83
03	11,49	40,0	11,5	0,0027	0,04	0,05	89,48	100,98	4,95	4,1	3,3	7,26	24,0	12,06
04	N/D	48,0	19,5	0,0425	0,22	0,21	99,3	118,8	N/D	0,7	4,8	8,60	21,5	0,22
05	3,50	30,0	6,5	0,0461	0,0	0,0	183,58	190,08	7,43	0,25	4,0	10,0	25,5	0,0
06	35,46	40,0	6,0	0,0487	0,21	0,21	35,58	41,58	26,73	0,75	3,6	6,91	21,0	0,20

A seguir são descritos os resultados de acordo com a finalidade que é dada as amostras de águas coletadas:

A água do **ponto de captação 01**, tem-se como finalidade o uso não potável, enfatizando a utilização para agricultura, especificamente irrigações, tendo uma frequência regular de chuvas na região, o armazenamento dá-se por uma cisterna do tipo arrastão ao qualé higienizada, geralmente, uma vez ao ano. Através das análises da amostra coletada foi obtido que o potencial hidrogeniônico enquadrrou-se como relativamente neutro, no entanto um pouco acima do recomendado para fins de irrigação em plantações,

enquanto o resultado da alcalinidade total, indicou baixa capacidade tampão, tal resultado é referente ao tratamento prévio, disponibilizado pelos agentes de saúde, assim como é explícito a quantidade de cloro livre e total que é encontrado na amostra em questão. A amostra foi classificada como dura, indicando uma alta quantidade de cátions de cálcio ($\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$), ferro II ($\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$) e magnésio ($\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$), destacando a quantidade elevada de magnésio, sendo então prejudicial ao solo, tendendo a alcalinizá-lo e imobilizar nutrientes importantes para as plantas como o fósforo. A turbidez foi baixa, indicando pouca presença de materiais sólidos em suspensão. Fiorucci et al. (2005) deixa claro que o baixo teor de oxigênio dissolvido é resultado da alta quantidade de minerais e alta presença de concentração de sais dissolvidos na amostra.

A água do **ponto de captação 02**, é destinada especificamente para o uso não potável, enfatizando o uso doméstico. A amostra foi coletada 23 dias após a última precipitação pluviométrica, sendo a região caracterizada por chuvas regulares, as águas são armazenadas em uma cisterna do tipo placas de cimento pré-moldado, e a limpeza da mesma é dada anualmente. A análise do potencial hidrogeniônico deu-se como resultado um valor acima do esperado, levando em conta que esse ponto de captação não passa por nenhum tratamento prévio da água, mas enquadrando-se dentro dos parâmetros de potabilidade, no entanto não sendo indicada para os fins ao qual é aplicada, como por exemplo agricultura. A acidez foi extremamente baixa, em contrapartida e de modo complementar, a alcalinidade total, encontra-se com valor relativamente alto. A classificação quanto a dureza, foi branda, sendo especificada pelo fato da água bruta ser armazenada sem nenhum tipo de tratamento. Não se encontrou presença de CO_2 na amostra. A baixa quantidade de íons de cloretos, tornou-se evidente após a análise, obtendo-se um valor relativamente baixo. Foi evidenciado ao longo do estudo, a importância da análise de oxigênio dissolvido, neste ponto de captação em específico, pois foi obtido um alto índice de O_2 na amostra, tornando-se facilmente propício para o desenvolvimento de micro-organismos aeróbios. O valor da turbidez está acima dos valores médios para potabilidade, podendo indicar a presença de materiais sólidos em suspensão, materiais orgânicos e inorgânicos finamente divididos e até mesmo organismos microscópicos.

A amostra de água **ponto de captação 03**, assim como à amostra do ponto de captação 02, foi coletada 23 dias após a última precipitação pluviométrica na região, nesse local as águas de chuvas são armazenadas em uma cisterna de tijolos e a sua limpeza ocorre em média 6 vezes ao ano, no intervalo de dois em dois meses. A finalidade das águas de chuvas armazenada nesse ponto em específico, é destinado para fins potáveis e não potáveis, sendo também informado que ocorre um tratamento prévio da água, através dos agentes de saúde, utilizando o precipitante sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). O potencial hidrogeniônico, devido ao tratamento que é realizado, é dado como neutro, a quantidade de cloro livre e total, apesar de uma quantidade mínima, enquadra-se dentro do limite de potabilidade permitido pelos parâmetros de referência. A amostra foi caracterizada como moderadamente branda, estando também dentro dos parâmetros, mas para o uso potável, especificamente a quantidade de magnésio torna-se extremamente elevada, sendo inadequada de fato para seu respectivo fim.

Outro parâmetro alarmante é o oxigênio dissolvido, onde o resultado obtido dessa análise foi acima do valor máximo permitido, indicando possível desenvolvimento de micro-organismos, e ação não tão

eficiente do cloro que é utilizado para ação antimicrobiana. O gás carbônico livre é dado como inferior ao valor mínimo indicado para uso potável. Já os resultado para a análise de cálcio, indicou estar dentro dos parâmetros estabelecidos para potabilidade, em contra partida a turbidez obtida na amostra foi muito acima do limite máximo para potabilidade, indicando alto índice de materiais sólidos em suspensão, podendo ser algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais, segundo Lira et al. (2014), necessitando assim de análises microbiológicas específicas para melhor compreensão deste resultado em particular.

A amostra de água do **ponto de captação 04**, foi coletada 30 dias posterior a última precipitação pluviométrica, sendo uma região, assim como as demais, caracterizadas por chuvas regulares, a cisterna desse ponto em questão, é do tipo calçadão, descrita por ser mais propícia a armazenar partículas em suspensão, devido a sua estrutura. A limpeza da cisterna é dada duas vezes ao ano. Não há nenhum tipo de tratamento prévio a essa água, sendo tal água destinada para fins potáveis e não potáveis. O potencial hidrogeniônico resultante foi elevado, no entanto estando dentro dos limites de potabilidade exigidos, a amostra não apresentou CO_2 , e a acidez foi dada com um valor relativamente baixo, e é explicado pelo alto índice de alcalinidade da água, sendo evidenciado por ser uma água do tipo bruta, sem tratamentos prévios, e tendo valores significativos de íons bicarbonato (HCO_3^-), íons carbonato (CO_3^{2-}) e hidroxilas (OH^-). Caracterizou-se como moderadamente dura, enfatizando que o magnésio em específico está acima da concentração máxima que a Organização Mundial de Saúde (OMS), recomenda. No entanto, contraditoriamente, foi identificado a presença de cloro livre total, e baixo índice de turbidez. O oxigênio dissolvido obtido é propício ao desenvolvimento de micro-organismos, e como citado anteriormente, não há desinfecção com nenhum tipo de tratamento. Há traços de cloreto, considerável.

A amostra de água do **ponto de captação 05**, foi coletada 14 dias posterior à última precipitação pluviométrica, sendo uma região caracterizada por chuvas mais frequentes que os outros pontos de captação em questão. A cisterna é do tipo calçadão, e a limpeza da cisterna não é realizada. A água armazenada é destinada à dessedentação do gado, sendo a água um dos pontos característicos para melhor desempenho do gado, por ser responsável por compor 70% do peso do animal e nutrientes para o mesmo (BOSCO et al., 2015). O potencial hidrogeniônico idealmente deve estar entre 6,5 e 8,5 para essa finalidade citada, mas o pH resultante está muito acima do limite máximo para saciar bovinos, podendo desenvolver nos animais distúrbios digestivos e diarreias, absorvendo poucos nutrientes, facilitando no desenvolvimento de germes na carne do animal. A água foi caracterizada como moderadamente dura, com alto índice de magnésio, e tendo o CO_2 com concentração características de águas superficiais armazenadas em cisternas. Não foi detectado presença de cloro livre e total, assim como nenhum índice de turbidez na amostra.

A amostra de água do **ponto de captação 06**, foi coletada 6 dias posterior à última precipitação pluviométrica, com chuvas regulares na região, sendo a cisterna em questão do tipo de placas pré-moldadas de cimento, sendo aplicada a limpeza da cisterna no período de duas vezes ao mês, a cada 15 dias mensal. Tem como finalidade o uso exclusivo para fins potáveis, e não realizando nenhum tipo de tratamento

prévio. O pH indica que a amostra de água se encontra levemente ácida, mas encontrando-se dentro dos parâmetros indicado para potabilidade, em contrapartida, o magnésio está muito acima do indicado para o consumo humano, apesar de não atuar diretamente para o desenvolvimento de problemas de saúde, sendo responsável por coloração amarelada, sabor amargo e adstringente da água. O oxigênio dissolvido indica possibilidade de desenvolvimento de micro-organismos. Foi obtido uma concentração aceitável de partículas em suspensão, e a dureza da água foi dada comotemporária ou macia, e com alta capacidade tampão devido ao seu resultado elevado para alcalinidade total da amostra, já à concentração de cálcio presente foi dada como baixa, e com baixo índice de cloretos.

Analisando os resultados dos parâmetros físico-químicos na figura 4, observou-se que o potencial hidrogeniônico das amostras apresenta comumente caráter alcalino, embora o pH normal da chuva seja levemente ácido. A ação corrosiva da chuva nas estruturas de cimento das cisternas libera carbonatos e bicarbonatos, que são responsáveis por elevar o pH, a alcalinidade e a dureza da água. O pH alcalino dos pontos de captação assemelha-se aos resultados obtidos através da pesquisa de Almeida (2018), que obteve um valor médio de 8,40.

Segundo a FUNASA (2014), a maior parte das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 , assim como os resultados dos pontos de coleta que estão entre 30 mg/L a 57 mg/L de CaCO_3 , logo, este parâmetro não confere sabor desagradável a água e não atribui valor sanitário. O índice de acidez das águas dos pontos de coleta é relativamente baixo, com média de 11,32 mg/L e não possui valor de referência.

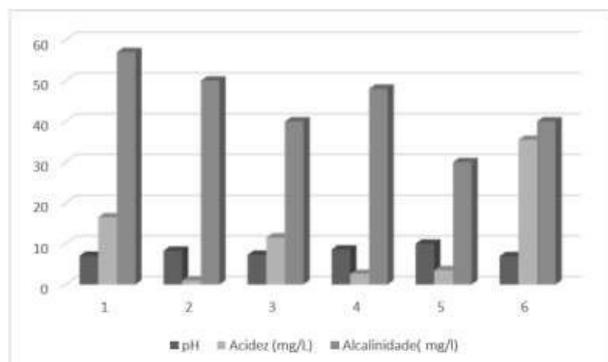


Figura 4: Comparativo dos resultados obtidos entre os parâmetros de pH, acidez e alcalinidade.

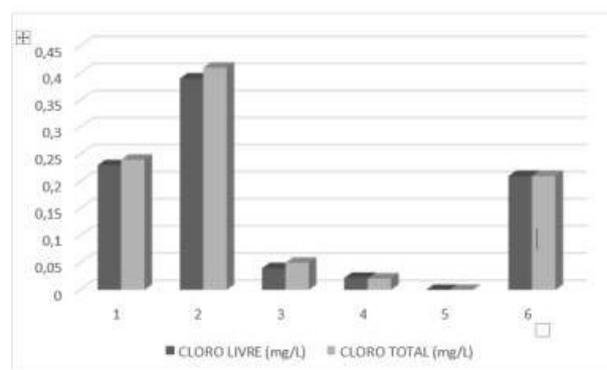


Figura 5: Comparativo dos resultados obtidos entre os parâmetros de cloro livre e cloro total.

Em relação ao teor de cloreto, como mostra a Figura 5, todos os casos analisados apresentam valores dentro do estabelecido pela portaria de consolidação N° 05 de setembro de 2017, que determina o valor máximo permitido de 250mg/L para este parâmetro. Jeremias et al. (2017) encontraram valores mais altos de cloretos nas amostras analisadas em sua pesquisa que foi associada também à qualidade de água armazenada em cisternas. Para o cloro residual livre e total, como mostra a Figura 5, os resultados não excedem o valor de 2,0mg/L determinado pela mesma portaria, mas os pontos de coletas 03 e 05 encontram-se abaixo de 0,2 mg/L, que é o valor mínimo exigido.

Como pode-se observar na figura 6, os resultados das análises de dureza estão entre 41,58 e 384,02

mg de CaCO_3/L , classificando as amostras desde branda a muito dura. Ainda assim, todos os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos. Em estudo realizado por Jeremias et al. (2017) foram constatados valores semelhantes de dureza.

Analisando separadamente o cálcio em todos os pontos de coletas encontra-se em baixa concentração. Já o índice de magnésio está acima do recomendado (50mg/L) em 83,33% das amostras coletadas, o que explica altos valores de dureza, embora estando dentro do permitido.

Com relação ao parâmetro turbidez, observou-se que os pontos de coleta 02 e 03 estão fora dos padrões de potabilidade, que estabelecem valor máximo permitido de 5,0 NTU. Este resultado assemelha-se ao encontrado por Almeida (2018), onde uma das amostras analisadas não está em conformidade com os padrões de potabilidade. Se a água armazenada for retirada de forma incorreta, com utensílios que não estejam devidamente higienizados, a quantidade de sólidos dissolvidos na água pode aumentar, induzindo ao aumento do valor de turbidez.

A matéria orgânica em grande quantidade pode elevar o nível de turbidez, além de conferir cor e odor à água (FUNASA, 2014). Os resultados obtidos para este parâmetro, que podem ser observados na figura 7, não ultrapassaram 5,0 mg/L, que pode ser considerado um valor aceitável, visto que não há valor máximo permitido previamente estabelecido.

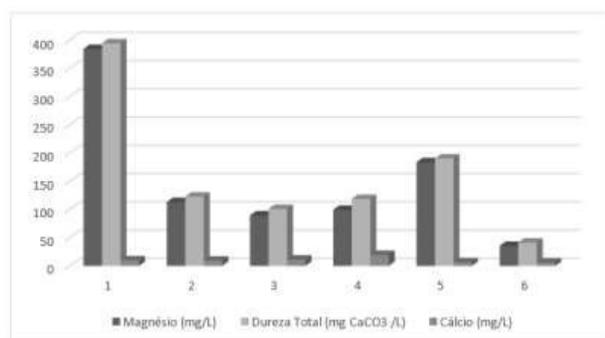


Figura 6: Comparativo dos resultados obtidos entre os parâmetros de magnésio, dureza total e cálcio.

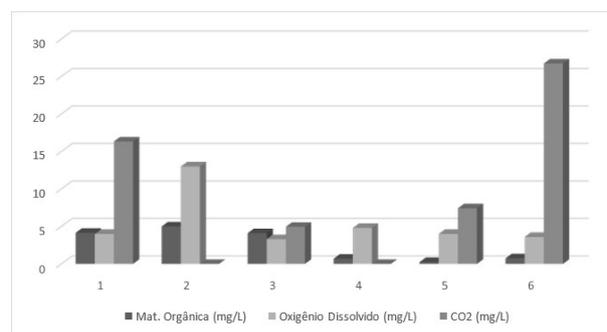


Figura 7: Comparativo dos resultados obtidos entre os parâmetros de matéria orgânica, oxigênio dissolvido e gás carbônico livre.

A resolução do CONAMA 357 de março de 2005 determina concentração de oxigênio dissolvido acima de 6 mg/L, no ponto de coleta O₂ o resultado obtido através das análises físico-químicas da água apresenta concentração acima desse valor. O oxigênio dissolvido tem alto poder oxidante, ele pode provocar a corrosão de tubulações de ferro e aço (VASCONCELOS et al., 2013). O gás carbônico livre também pode causar corrosão nas tubulações e nas estruturas de cimento, material que é utilizado na construção das cisternas (ALMEIDA, 2018). A concentração de gás carbônico livre das águas analisadas tem média de 9,24 mg/L, em águas superficiais a concentração desse gás geralmente é menor do que 10 mg/L (FUNASA, 2004).

Na maioria das localidades do mundo, os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são baixos, mesmo em zonas urbanas e industriais extremamente poluídas a contaminação atmosférica é pouco significativa, a água de chuva nessas regiões geralmente tem boa qualidade. Grande parte da população que dispõe de cisternas faz uso de baldes para retirada da água, tal prática aumenta a possibilidade de

introdução de impurezas na água e amplia as chances de manter a tampa da cisterna aberta, permitindo a entrada de luz e criando um ambiente propício à formação de algas, como também possibilita o contato de crianças e animais com a água, o que pode implicar na alteração da qualidade da água (LORDELO et al., 2017).

O tipo de cisterna, sistema de captação e frequência na limpeza das cisternas também é algo que se deve considerar quando analisamos a qualidade da água armazenada. Cisternas que são construídas utilizando placas de concreto pré-moldadas estão mais suscetíveis a rachaduras e vazamentos, o que pode ser caracterizado como potencial risco de contaminação. As áreas usadas para captação, como o telhado e/ou calçada estão propensas a acumular sedimentos durante estiagens que conseqüentemente serão carregadas para dentro das cisternas. Também, é importante higienizar os reservatórios regularmente, longos períodos de armazenamento podem causar o aparecimento de algas e larvas de mosquitos.

Dos casos analisados, apenas um não faz a limpeza necessária no reservatório, e 66,667% dos pontos de coletas não fazem o uso de nenhum tipo de tratamento de água. Visto que, a poluição atmosférica, a forma de retirada da água, o tipo de cisterna e sistema de captação e a frequência de limpeza podem provocar alterações nos parâmetros físico-químicos, e tendo como base a literatura, pode-se considerar uma alternativa para mitigar alterações nas características das águas de chuvas armazenadas em cisternas à associação de uma barreira física e química.

A barreira física representada na figura 8 poderá ser constituída de um dispositivo para desvio automático das primeiras águas de chuvas captadas através de telhado, solo ou outra superfície preparada ou natural, segundo Andrade (2007). O projeto do desvio direto dos primeiros fluxos de águas de chuvas que serão armazenados deve ser responsável por remover particulados, impedir a entrada de insetos, remover os primeiros milímetros de águas captadas e reoxigenação da água.

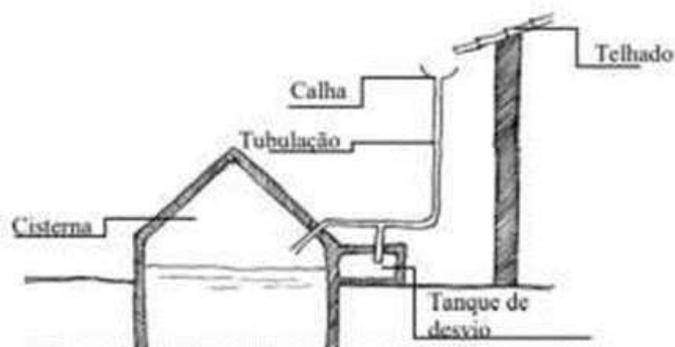


Figura 8: Esquema do dispositivo para desvio automático das primeiras águas das chuvas. **Fonte:** Andrade (2007), adaptado.

Além do desvio das primeiras águas de chuva, o processo de desinfecção deve ser empregado como barreira química. A desinfecção é uma etapa e é de extrema importância, ela é responsável pela inativação e prevenção do crescimento de micro-organismos patogênicos, como o *Escherichia coli*, que podem ocasionar cólera e diarreia, por exemplo. O principal agente desinfetante utilizado atualmente é o cloro, por ter baixo custo e alta capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica. A desinfecção a base de cloro pode contribuir para o controle do sabor e odor, a prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e

manganês e a remoção de cor, embora não seja sua finalidade.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que nem todas as amostras apresentam boas condições sanitárias para o uso ao qual são destinadas. Observou-se que isso pode estar ligado a fatores como frequência de limpeza dos reservatórios, poluição do ar em pontos de coletas próximos a zonas industriais e ao não descarte das primeiras chuvas que caem nos sistemas de captação após o período de estiagem. Outro aspecto a ser levado em consideração é o tipo de material no qual o reservatório foi produzido, o que pode contribuir significativamente para a alteração da qualidade da água armazenada.

Vale salientar que esse método de captação de água gera economia para as famílias que o utilizam, sendo esse considerado um investimento de baixo custo no qual através do reaproveitamento da água o meio ambiente também é beneficiado. No entanto, podendo ser utilizada para fins potáveis ou menos nobres, foi observado também que em alguns casos essa é a única maneira das pessoas terem acesso a água, sendo isso causado por não haver água encanada nas residências ou pelo fato do período de estiagem nessas localidades serem consideravelmente altos. Entre os cuidados tomados pelos moradores com relação a limpeza dos reservatórios e com a adesão de tratamentos convencionais, a exemplo da adição de produtos químicos como o sulfato de alumínio e o uso de cloro relatado nas entrevistas realizadas durante as coletas, avalia-se que essas intervenções preliminares conferem a água maior segurança quanto a remoção de patógenos indesejados. Logo, os métodos de desinfecção química adotados por boa parte dos proprietários estão de acordo com o que é recomendado.

As análises mostraram que os resultados de algumas análises realizadas se encontram fora dos padrões recomendados. Um ponto em comum avaliado diante das amostras obtidas é o alto índice de magnésio e oxigênio dissolvido encontrados. Portanto, vale salientar que a inadequação desses parâmetros confere risco diante do uso ao qual essa água é destinada. Em suma, através desse trabalho destaca-se a importância da caracterização da qualidade da água de chuva e ressalta-se algumas possíveis consequências da não conformidade dos parâmetros analisados perante os índices aceitáveis para o consumo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.. **Qualidade da água armazenada em cisternas do assentamento Glênio Sá, zona rural de Caraúbas- RN.** Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

ANDRADE, M. C. O.. Pernambuco e o trópico. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, Recife, n.45, p.11-20, 2007.

ARAÚJO, V.; GONÇALVES, C.; CRISTINA, J.; PEREIRA, R.; FRANKLIN, W.; SOUZA, J. C.; FERREIRA, L. B.; SOUZA, R. A.. A escassez de água sob a perspectiva da gestão pública. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 1. **Anais**. 2017.

BARROS, L.. Segurança Internacional no pós-guerra fria: o iminente risco de escassez da água doce no século XXI: uma introdução. **Neari em Revista**, v.4, n.5, 2018.

BOSCO, J. D.; RITTER, A. F.; CUNHA, S. H.. **Qualidade de água utilizada para dessedentação de bovinos visando o bem estar dos animais.** Dessedentação. UCEFF, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Análise dos reflexos das mudanças climáticas nas metodologias de planejamento de sistemas elétricos.** Brasília: MME, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS n. 2914/2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: MS, 2011.

BRASIL. **Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os

serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília: DOU, 2017.

FIORUCCI, A. R.; FILHO, E.. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. 22 ed. In: **Química e Sociedade**: Nova Geração. UFJF, 2005. p.10-16.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

GNADLINGER, J.. **A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro**: uma abordagem focalizando o povo. Captação de água de chuva. Campina Grande, 2001.

GNADLINGER, J.. Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos, biofísicos, técnicos, econômicos e sociopolíticos. **Água de Chuva**, Campina Grande, n.38, p.39-70, 2015.

JEREMIAS, W.; COSTA, M.; FREITAS, F. R.. **Qualidade da água armazenada em cisternas para consumo humano no semiárido cearense**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.

LIMA, J. C.. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

LIRA, G. A.; LEMOS, A.. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Qualidade da Água, Brasília: USP, 2014.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C.. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Águas Subterrâneas**, v.32, n.1, p.97-105, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i1.28896>

LOPES, P. R. C.; SILVA, M. S. L.; ANJOS, J. B.; GOMES, T. C. A.. **Captação e armazenamento de água de chuva no semi-árido do nordeste do Brasil**. Embrapa Semiárido, 2002.

MENDONÇA, E.. Meteorologia. In: MENDONÇA, E. A.. **Análise da precipitação nas mesorregiões do estado de Pernambuco**. Tese de Doutorado (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H.; PEREIRA, C. M.. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

RIBEIRO, L. G.; ROLIM, N.. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce enquanto direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v.7, n.1, 2017.

RODRIGUES, P. C.; CHAGAS, M. G. S.; SILVA, F. B. R.; PIMENTEL, R. M. M.. Ecologia dos brejos de altitude do agreste pernambucano. **Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA**, v.25, n.3, 2008.

SANTIAGO, A. C.; BARROS, I. C. L.; SYLVESTRE, L. S.. Pteridófitas ocorrentes em três fragmentos florestais de um brejo de altitude. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v.18, n.4, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0102-33062004000400008>

SILVA, T.. **Dimensionamento de um sistema de bombeamento para utilização de águas pluviais na irrigação de uma plantação de grama do tipo esmeralda em uma área com 355 metros quadrados**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 2018.

SILVA, J. A.; PEREIRA, R.. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.263-280, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0023>

VASCONCELOS, J.; BROSEGUINI, M.. **Corrosão em tubulação de aço carbono provocada por água doce**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

VALLE, J. A. B.; PINHEIRO, A.; FERRARI, A.. Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial. **Revista de Estudos Avançados**, v.9, n.2, p.62-72, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2007v9n2p62-72>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.