

# DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS POR MEIO DE PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.

Aderaldo de Souza SILVA<sup>151</sup>

Célia Maria M. de Souza SILVA (MC.SS) [célia\\_maganhotto@yahoo.com.br](mailto:célia_maganhotto@yahoo.com.br)

André Luiz da SILVA (IFPB) [andre.silvajp@gmail.com](mailto:andre.silvajp@gmail.com)

Luiza Teixeira de Lima BRITO (EMBRAPA SEMIÁRIDO) [luizatlb@cpatsa.embrapa.br](mailto:luizatlb@cpatsa.embrapa.br)

## RESUMO

Este trabalho avaliou a qualidade da água para o consumo humano, armazenada em cisternas localizadas em 63 comunidades rurais pertencentes a 46 (quarenta e seis) municípios de nove Estados da região semiárida. Foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas em 777 amostras de água abrangendo mananciais, cisternas e reservatórios caseiros. A partir dos resultados das análises físicas e químicas foi elaborado o Índice de Uso da Água Doméstica (IUD) para monitorar a qualidade da água das cisternas e identificar a sua procedência. O IUD foi calculado a partir dos valores médios dos dados obtidos com o auxílio do software *Statistical Analysis System*, utilizando o procedimento *Factor*. A análise do componente principal agrupou o conjunto de variáveis pré-selecionadas em quatro indicadores: salinidade, alcalinidade, poluição da água e saúde da água. Como resultado há agregação de 48 pontos amostrados com IUD elevado, 48 com IUD alto, 63 com IUD médio e 618 com IUD baixo, significando que a maioria das cisternas apresenta água de boa qualidade. Observou-se que a maioria das cisternas (97,18 %) está localizada em territórios onde predominam as águas superficiais do tipo bicarbonatadas e cloretadas, sódicas e mistas. Dessa forma, ao se detectar estas características físicas e químicas nas águas armazenadas nas cisternas, pode-se concluir que a mesma não é proveniente de captação de água de chuva e sim de outras fontes alternativas de abastecimento. Foi constatada a ausência de coliformes totais em 79,15 % das amostras e ausência de *Escherichia coli* em 94,08 %, O que resulta em água de boa qualidade.

*Palavras chave:* Índice de uso da água doméstica; água para consumo humano.

## ABSTRACT

This study evaluated the quality of water stored in cisterns for human consumption, located in rural communities (63) of 46 (forty six) counties of nine states in the semiarid region. Thus 777 samples

---

<sup>151</sup> Pesquisador Orientador da Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23,

Petrolina, PE CEP 56302-970. [aderaldo@cpatsa.com.br](mailto:aderaldo@cpatsa.com.br)

from various water sources were collected, including springs, cisterns and home made storage tanks. These samples were submitted to microbiological and physicochemical analyses. Total coliforms were absent in 79.15% of the samples and *Escherichia coli* in 94.08%. From the results of physical and chemical analysis was formulated a Domestic Water Use Index (DWUI) to monitor the quality of water in cisterns and identify its origin. The DWUI was calculated from the mean values of the data obtained with the aid of the software Statistical Analysis System, using the factor procedure. The principal component analysis grouped the pre-selected variables into four indicators: salinity, alkalinity, water pollution and water health. As a result there was an aggregate of 48 points sampled with an elevated DWUI, 48 with a high DWUI, 63 with a medium DWUI and 618 with a low DWUI, signifying that the majority of the cisterns presented good quality water. It was shown that the majority of the cisterns (97.18%) were located in terrains where surface waters of the bicarbonate and chloride, sodium and mixed types predominated. Thus, by detecting these physical and chemical characteristics in water stored in cisterns, we can conclude that it does not come from capturing rain water, but other alternative sources of supply.

*Index terms:* Domestic Water Use Index (DWUI), water for human consumption.

## INTRODUÇÃO

O abastecimento de água é uma questão essencial às populações, pelos riscos que sua ausência ou seu fornecimento inadequado podem causar à saúde. Por exemplo, a ingestão direta de água contaminada ou a preparação de alimentos e higiene pessoal utilizando água contaminada, o uso na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais e nas atividades de lazer, podem trazer graves riscos à saúde da população. Por este motivo, a universalização do abastecimento de água é a grande meta para os países em desenvolvimento.

A falta de recursos hídricos afeta severamente as condições de sobrevivência dos milhões de brasileiros que vivem, principalmente, nas áreas rurais do Semiárido nordestino. A chuva representa a única fonte de água renovável da região, cujos valores normais no conjunto de 24 unidades hidrográficas de planejamento, variam entre 640 e 1840 mm/ano, representando 1778 bilhões m<sup>3</sup>/ano (SUDENE/ÁRIDAS, 1994). Todavia, a previsão segura das quantidades de água precipitada é um problema complexo, porque depende de fatores meteorológicos situados fora da região e variam, sensivelmente, tanto no espaço como no tempo.

Nesse caso, a solução encontrada foi o armazenamento da água de chuva em cisternas, que são pequenos reservatórios individuais construídos junto, em geral, às casas. A cisterna tem

aplicação tanto em áreas de grande como de baixa pluviosidade. No meio rural são geralmente empregadas para acumular água para atender as necessidades de consumo doméstico. No Brasil, como em muitos outros países, as águas das cisternas rurais são utilizadas inclusive para beber, quase sempre sem qualquer tratamento. Portanto, é de fundamental importância a segurança sanitária dessas águas, que devem atender aos padrões de portabilidade. Vários estudos que examinaram a qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas concluíram que estas geralmente atendem os padrões de portabilidade da Organização Mundial de Saúde para os parâmetros físico-químicos, porém frequentemente não atendem aos padrões de portabilidade da OMS quanto aos critérios de qualidade microbiológica (Andrade Neto, 2012).

A perda de qualidade e a contaminação da água de chuva ocorrem, sobretudo, na superfície de captação ou quando está armazenada de forma não protegida. Quando escoar sobre a superfície de captação a água lava e carrega a sujeira acumulada no intervalo entre duas chuvas. A proteção sanitária de cisternas é relativamente simples. Basicamente requer o desvio das primeiras águas das chuvas, que lava a atmosfera e a superfície de captação e não deve ir para a cisterna, e um manejo adequado.

Além disso, as cisternas também estão sendo utilizadas como reservatório de água trazida por carros-pipa, o que pode comprometer a qualidade da água armazenada. Algumas famílias pertencentes às comunidades que utilizam cisternas em diversos Estados da Federação informaram que estão colocando água de outras fontes quando a água da chuva acaba. É importante salientar que segundo as mesmas, a água da chuva não dura para todo o período da estiagem. Além disso, há de se considerar que algumas famílias estão utilizando água da cisterna para outras finalidades, além das preconizadas como beber, cozinhar e escovar os dentes (Brito et al., 2007; Brasil, 2006).

Reconhece-se que há grande importância em buscar o conhecimento da realidade rural, caracterizada por populações com menor acesso às medidas de saneamento e pela presença de atividades agropecuárias altamente impactantes, podendo interferir na qualidade da água dos mananciais, muitos desses utilizados no abastecimento de água. Também já é de conhecimento que a grande diversidade dos regimes hidrológicos dos rios do semiárido nordestino advém das diferentes condições pluviométricas, das diversas características físicas e da forma da rede hidrográfica, bem como de suas morfologia e vegetação.

Neste trabalho objetiva-se avaliar a qualidade física, química e microbiológica das águas armazenadas em cisternas e em diferentes reservatórios e corpos de água, bem como formular um Índice de Uso da Água Doméstica (IUD) para monitorar a qualidade das águas armazenadas em cisternas e identificar a sua procedência, isto é se é proveniente da água de chuva ou dos mananciais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa abrangeu 63 (sessenta e três) comunidades rurais pertencentes a 46 (quarenta e seis) municípios localizados em nove Estados da região semiárida: Bahia (24,49% dos domicílios); Piauí (19,61%); Pernambuco (20,47%); Rio Grande do Norte (11,36%), Sergipe (3,32%); Alagoas (7,98%); Ceará (6,06%) e Paraíba (4,77%). A pesquisa abrangeu 55 (cinquenta e cinco) Unidades Geoambientais (Silva et al., 2002). Nas comunidades selecionadas foram coletadas amostras de água armazenadas em cisternas, filtros ou potes, bem como amostras de água dos mananciais utilizados como fonte alternativa de água de uso doméstico, para que fosse possível conhecer a procedência das águas utilizadas pelas famílias, isto é, se são provenientes da captação de água de chuva dos telhados, das barragens, rios, açudes, barreiros, cacimbas ou de poços tubulares (profundos) ou amazonas (rasos).

Na coleta de amostras de água, quando a fonte era superficial, como em lagos, rios, ou reservatórios (açudes e barreiros), teve-se a precaução que estas fossem coletadas no centro do manancial e abaixo da camada superficial de água. Ao total foram coletadas 777 amostras de água, georeferenciadas, que foram engarrafadas, resfriadas e transportadas para o Laboratório de Sustentabilidade Ambiental da Embrapa Semiárido e mantidas sob refrigeração, até o momento das análises físicas e químicas.

Em condições de campo, as amostras foram submetidas à análises microbiológicas para a detecção da presença ou ausência de coliformes fecais e *Escherichia coli*. Na realização dessas análises foi usado o Kit de meio de cultura enriquecido (Kit ReadyCult – Coliforms 100), que possibilita determinar a presença ou ausência de Coliformes Totais e/ou *Escherichia coli*. Este Kit é aprovado pela Agência Ambiental Americana – EPA. Após a adição das amostras ao Kit de meio de cultura, essas foram transportadas e armazenadas, em laboratório, em estufa a 37 °C, por um período de 24 h. A presença de Coliformes Totais foi detectada pela mudança de cor nas amostras (esverdeada-azulada/presença), enquanto a *E. coli* foi detectada por luminescência na presença de luz UV.

Na determinação das características físicas e químicas das águas foi utilizada, além das análises laboratoriais, a sonda multiparâmetros (equipamento portátil de medição de qualidade de água - [www.ysi.com](http://www.ysi.com)), cujo terminal de leitura, poderá ser visualizado na Figura 3. Esse equipamento permite a leitura instantânea dos seguintes parâmetros: temperatura (°C), turbidez (NTU), condutividade (mS cm<sup>-1</sup>), sal (mg L<sup>-1</sup>), oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>), sólidos totais dissolvidos (mg L<sup>-1</sup>), amônia (mg L<sup>-1</sup>), amônio (mg L<sup>-1</sup>), cloretos (mg L<sup>-1</sup>) e nitrato (mg L<sup>-1</sup>):

O Índice de Uso da Água Doméstica (IUD), determinado para as 63 (sessenta e três) comunidades rurais avaliadas, foi elaborado a partir dos resultados das análises físicas e químicas.

Para a análise estatística foram considerados os valores médios dos dados coletados nos 777 pontos de coleta georreferenciados. Após a plotagem dos dados, realizou-se a análise estatística com o auxílio do software SAS (*Statistical Analysis System*), utilizando o procedimento *Factor* (SAS, 2002; Harman, 1976).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Tabela 1 os valores alcançados para as cargas fatoriais rotacionadas pelo método Varimax, as estimativas finais das comunalidades, e as percentagens *explicadas* da variância total relativa a cada fator e acumulada para dois, três e quatro fatores, para os 777 (setecentos e setenta e sete) pontos de água avaliados. As cargas fatoriais são os coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis e os respectivos fatores. As comunalidades fornecem a proporção da variância de cada variável que é explicada pelo número de fatores considerados adequados na análise.

Verifica-se pelas comunalidades finais, que as variáveis mais explicadas foram sólidos (sólidos totais dissolvidos) e salinidade (teor de sais dissolvidos).

Tabela 1. Cargas Fatoriais para os resultados obtidos, pelo método Varimax, com a rotação ortogonal dos fatores principais das variáveis físico-químicas das águas de beber, provenientes das regiões de amostragem.

Procedimento fatorial - Método Varimax rotacionado				
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Sólidos	0.993	0.042	0.022	0.030
Salinidade	0.992	0.043	0.026	0.031
Cloretos	0.124	0.796	0.087	-0.026
pH	-0.176	0.771	0.220	-0.055
Óxido	0.165	0.575	-0.290	0.194
Amônia	0.063	0.101	0.941	-0.029
Oxigênio	0.035	0.023	-0.038	0.987

Sólidos – parâmetro de sólidos totais dissolvidos na água coletada

Salinidade - teor de sais dissolvidos; mg L<sup>-1</sup>

Cloretos – teor de cloreto, em mg L<sup>-1</sup>

pH – potencial hidrogênio iônico

Óxido – potencial de óxido redução, mg L<sup>-1</sup>

Amônia – teor de amônia (Íon amônia) presente na água coletada, mg L<sup>-1</sup>

Oxigênio - teor de oxigênio dissolvido, mg L<sup>-1</sup>

A análise do componente principal discriminada na Tabela 1 agrupou de maneira satisfatória o conjunto de variáveis pré-selecionadas. A análise de agrupamento possibilitou a construção de quatro indicadores, os quais são discriminados a continuação:

Indicador 1 - SALINIDADE – Os parâmetros de qualidade de água para este indicador foram relacionados a duas variáveis: sólidos e salinidade. Este indicador representou 79,54% do total de amostras analisadas e foi classificado com um IUD entre 0,0003 e 0,1926 para um escore que variou entre 0,03% e 19,26%. Por este motivo, em função de suas características físicas e químicas foi avaliado como sem restrições ao uso pelas famílias suarias de cisternas e se representou o Índice de Uso da Água Doméstica - IUD com a cor azul (Figura 1).

Indicador 2 - ALCALINIDADE – Foi interpretado como um fator de alcalinidade, em função da variável pH se encontrar associada as variáveis Cloretos, pH e ORP (potencial de óxido redução). Este esteve presente em 48 (quarenta e oito) pontos de amostragem, totalizando 6,18% das amostras analisadas, sendo considerado na análise como o grupo de amostras de água de uso doméstico com restrição moderada, com amplitude do IUD entre 0,1933 e 0,2319 para um escore que variou entre 19,33% e 23,19%, tendo sido interpretado como de Médio risco. Foi-lhe atribuída a cor “verde” Mapa da hidroquímica dos mananciais de superfície (Figura 1).

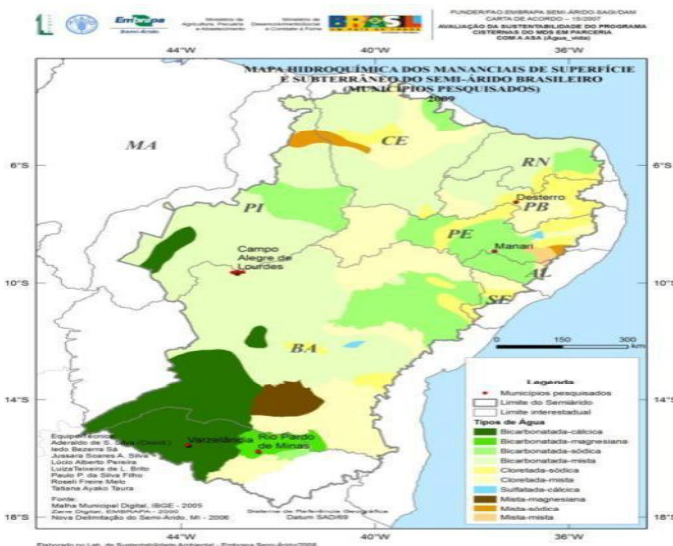


Figura 1. Classificação dos tipos de água em função da hidroquímica dos mananciais de superfície e subterrâneos no Semiárido Brasileiro, adaptada pela Embrapa Semiárido de estudos realizados pelo IBGE. .

Indicador 3 - POLUIÇÃO DA ÁGUA – Foi interpretado como um indicador responsável pela poluição da água devido a presença da variável Amônia (Íon amônia) que é outra forma inorgânica do nitrogênio. Este indicador representou 8,11% de todas as amostras pesquisadas, sendo classificado com um IUD entre 0,2329 e 0,2768 para um escore que variou entre 23,29% e 27,68%. Este indicador permitiu convencionar o Grupo 3 com a cor “amarela”, no Mapa da hidroquímica dos mananciais de superfície (Figura 1).

Indicador 4 - SAÚDE DA ÁGUA – Interpretou-se como o parâmetro responsável pela saúde da água em função da presença da variável oxigênio dissolvido (OD). Esse parâmetro é considerado um indicador básico da saúde do ecossistema e sua análise mede a quantidade de oxigênio ( $O_2$ ) dissolvido em soluções aquosas, cuja concentração varia com a temperatura, salinidade, atividade biológica e a taxa de transferência de  $O_2$  da atmosfera. O estado de equilíbrio constitui a saturação, dependente de pressão e temperatura. Devido às interferências naturais e antropogênicas, as concentrações de oxigênio diferem deste equilíbrio.

O adequado OD é necessário para uma boa qualidade de água. Os processos de purificação de um fluxo de água requerem níveis adequados de oxigênio para permitir formas de vida aeróbicas. Quando os níveis de oxigênio na água caem abaixo de  $5 \text{ mg L}^{-1}$  de água, a vida aquática fica sob estresse e é letal para muitos organismos em níveis menores do que  $3 \text{ mg L}^{-1}$ . Também as concentrações muito baixas de OD podem como resultado, mobilizar concentrações ínfimas (traços) de metais.

O indicador 4 representou 6,69% da qualidade das águas pesquisadas no âmbito dos mananciais e dos domicílios rurais pesquisados. Este foi classificado com um IUD entre 0,2781 e 0,3367 para um escore de 27,81% e 33,67%, considerado como de risco Elevado para a saúde, se consumida sem tratamento e lhe foi atribuída a cor “vermelha”, no Mapa da hidroquímica dos mananciais de superfície (Figura 1).

#### *Procedência da água das cisternas*

Os tipos de água das fontes alternativas de uso doméstico, utilizadas pelas famílias beneficiárias do Programa cisternas, podem ser mapeadas por bacia hidrográfica. Na Figura 1 pode ser observado o tipo de água superficial e subterrânea que ocorre em cada território. Acredita-se que esta informação seja primordial na detecção da procedência das águas domésticas, quando estas não forem provenientes da captação de água de chuva. Os tipos de água das fontes alternativas dominantes (cloretadas-mistas, bicarbonatadas-cálcicas, cloretadas-sódicas, etc.) estão representados por diferentes cores. Salienta-se que os tipos de água ocorrem quase sempre em setores coincidentes com as zonas de menor precipitação e quase sempre associadas às rochas cristalinas.

Observou-se que a maioria das cisternas (97,18 %) está localizada em territórios onde predominam as águas superficiais do tipo bicarbonatadas e cloretadas, sódicas e mistas (Figura 1). Dessa forma, ao se detectar estas características físicas e químicas nas águas armazenadas nas cisternas, pode-se concluir que a mesma não é proveniente de captação de água de chuva e sim de outras fontes alternativas de abastecimento.

### Análises microbiológicas

A Tabela 2 apresenta os resultados em relação aos parâmetros microbiológicos das águas provenientes de fontes alternativas, da própria cisterna e dos recipientes caseiros (potes e filtros), no âmbito dos domicílios e da comunidade, coletados em 777 (setecentos e setenta e sete) pontos de amostragem.

Tabela 2: Distribuição de amostras quanto à presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* e potabilidade

Análises	Amostras (n <sup>o</sup> )	Porcentagem (%)
Coliformes Totais		
Ausente	615	79,15
Presente	162	20,85
<i>Escherichia coli</i>		
Ausente	731	94,08
Presente	46	5,92
Potabilidade		
Não-Potável (provável)	176	22,65
Potável (provável)	597	76,83
Sem informação	4	0,51

Observa-se que 79 % das amostras coletadas apresentam ausência de coliformes fecais e 94% ausência de *Escherichia coli*. Isso indica que essas águas podem ser consumidas pelas famílias pois, no Brasil, a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde define os padrões de potabilidade da água com base nas exigências da OMS (Organização Mundial de Saúde). De acordo com a Portaria 518/2004, os padrões que determinam se uma água é potável ou não (Brasil, 2006), estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Padrão de potabilidade de água adotado pelo Ministério da Saúde

Parâmetros	Valor Máximo Permitido
Água para consumo humano	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL

Nas cisternas restantes, que apresentaram contaminação microbiológica, é necessário investigar o motivo, pois tanto pode ser pelo manejo inadequado, quanto pela utilização de outras fontes alternativas de água para o preenchimento das mesmas. No entanto, considerando os



resultados das análises físicas e químicas nos mesmos pontos de amostragem, é possível deduzir que a utilização de fontes alternativas foi o principal motivo.

## REFERENCIAS

ANDRADE NETO, C.O de. *Proteção sanitária das cisternas rurais*. XI SILUBESA Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. XI SILUBESA Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 7 pp. Disponível em <[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/4simp\\_cicero\\_segurancasanitaria\\_sdaaguadec\\_isterna.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/4simp_cicero_segurancasanitaria_sdaaguadec_isterna.pdf)> Acesso em 17/03/2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano* / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 284 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Avaliação da Ação Construção de Cisternas para Armazenamento de Água* /Tribunal de Contas da União; Relator Ministro Guilherme Palmeira. – Brasília : TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, 2006. 44 p. : il. color.– (Sumários Executivos. Nova Série; 11).

BRITO, L.T. DE; SILVA, A. DE S.; D´ALVA. O.A. *Avaliação Técnica do Programa Cisternas no Semi-árido Brasileiro*. In.: BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Avaliação de políticas e programas do MDS: resultados: Segurança Alimentar e Nutricional. / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome; Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação.-- Brasília, DF: MDS; SAGI, 2007. 412 p ; (Avaliação de políticas e programas do MDS: resultados; v. 1).

HARMAN, H.H. *Modern factor analysis*. Chicago: University of Chicago Press, 1976. 487p.

SAS Institute Inc., SAS/STAT. User's guide, version 8, ed. Cary: SAS Institute Inc., 2002. p. 943.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C. DE; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B. DA; SILVA, A.B. DA; ARAÚJO FILHO, J.C. DE; LEITE, A.P. *Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico e prognóstico*. Recife: Embrapa Solos Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste ERP/NE; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. (Embrapa Solos, Documentos, 14). em CD ROM.

SUDENE/ÁRIDAS. *Recursos Hídricos do Nordeste Semi-Árido*, RH/SEPLAN/PR, Brasília, 1994.