

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO HUMANO ARMAZENADA EM
CISTERNAS DE PLACA.
ESTUDO DE CASO: ARAÇUAÍ, MG.

Carolina Ventura da Silva

Belo Horizonte
2006

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO HUMANO ARMazenada EM
CISTERNAS DE PLACA.
ESTUDO DE CASO: ARAÇUAÍ, MG.**

Carolina Ventura da Silva

Carolina Ventura da Silva

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO HUMANO ARMazenada EM
CISTERNAS DE PLACA.
ESTUDO DE CASO: ARAÇUAÍ, MG.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento.

Linha de pesquisa: Caracterização e modelagem da qualidade da água para consumo humano.

Orientador: Valter Lúcio de Pádua.

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2006

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa

AGRADECIMENTOS

Ao Ser Superior, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Paulo Afonso e Eliane, simplesmente por tudo! Se não fossem eles, não seria o que sou e não teria chegado onde cheguei. Meus maiores incentivadores. E, claro, pela correção de português e formatação do trabalho final.

Às minhas irmãs, Patrícia e Paula, companheiras de vida, de aprendizado, e também incentivadoras. Amo vocês!

Ao professor Valter Lúcio de Pádua, por aceitar o desafio de orientar uma nutricionista no mestrado em saneamento, pelos ensinamentos e pela amizade durante os dois anos de orientação.

Ao professor Rafael Bastos, pelos ensinamentos, pela confiança e pela amizade nos cinco anos de convivência como meu orientador durante a graduação; e pelo constante incentivo para continuar pelos caminhos do saneamento; cumprindo uma frase dita por ele: Rafael, muito obrigada!

Ao CNPq, pela concessão de bolsa.

À Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), pelo financiamento do projeto.

À Prefeitura Municipal de Araçuaí, principalmente à Secretaria de Saúde, pelo grande apoio, e à Solange e ao Jânio, pessoas essenciais na condução do projeto, pois sem o envolvimento deles o trabalho não teria sido realizado com tanta dedicação.

Aos moradores das comunidades Lagoa dos Patos e Coruto, pela receptividade, pelo interesse e por nos permitirem utilizar a (escassa) água disponível para a realização do trabalho, pois entenderam que o objetivo principal deste é a busca de melhoria da qualidade da vida de quem possui a água de chuva como fonte de abastecimento mais confiável.

À Empresa Gontijo, pela parceria com o projeto, concedendo passagens e transporte das amostras. Principalmente ao Nilton, ao Rogério e à Simone, pela paciência.

À Suzy, amiga querida, por estar sempre presente na minha vida pessoal e também por ter me ajudado incrivelmente durante a condução do meu experimento, assumindo responsabilidades quando na minha ausência e até realizando as análises junto comigo. Amiga como ela não há.

A Tel, Josiane e Wesley, amigos também muito especiais, sempre dando apoio, conselhos e carinho; pessoas presentes em tantos momentos desta jornada.

Ao pessoal do projeto: Manu, Grazy, Gisele e os alunos voluntários. Nossa viagem pra Araçuaí em julho/2005 e outros tantos encontros (ponto de encontro: “boteco da Amazonas!”) ficarão sempre guardados no meu coração.

Às “meninas” do laboratório 801, Norma e Lucilaine, por realizarem as análises físico-químicas das amostras, sempre atenciosas, prestativas e amigas.

À “mulherada” da microbiologia: Dri, Sil, Lenora, Grazi, Carol, Érica, Ana Maria, Ju, Ana Raquel, por proporcionarem tantos momentos alegres dentro do laboratório.

A todos os amigos do mestrado/doutorado e do DESA em geral, que prefiro nem citar nomes, pois são vários. São todos muito queridos e serão sempre lembrados com muito carinho.

À turma do Prosab Água, Jacson, Lucinda, Flávia, Bruno, Diogo, Bruna, Cristiane e Mônica, pelo agradável convívio na sala 917.

À Helene Paulini, pela disponibilização da infra-estrutura do laboratório 820.

À Berenice (FUNED), por auxiliar esta nutricionista metida à bióloga na escolha dos parâmetros microbiológicos para as análises, e por estar sempre disponível para tirar dúvidas.

Ao professor Carlos Henrique (UFV) e ao Eric, por terem me auxiliado nas análises estatísticas.

A todos professores e funcionários do DESA, pelos ensinamentos, pelo carinho e pela atenção.

À tia Mariínha, ao tio Osmar e aos familiares, por me receberem e me acolherem tão carinhosamente nestes dois anos em Belo Horizonte.

A todos familiares e amigos que estiveram sempre na torcida por minha vitória.

Às amigas queridas e especiais Camila, Rô e Rê, por estarem sempre torcendo por mim.

A todos que participaram, direta e indiretamente, na realização deste trabalho.

*“A boiada seca na enxurrada seca.
A trovoada seca na enxada seca.
Segue o seco sem sacar que o caminho é seco
Sem sacar que o espinho é seco
Sem sacar que seco é o Ser Sol
Sem sacar que algum espinho seco secará
E a água que sacar será um tiro seco e secará
O seu destino seca.
Ô chuva vem me dizer
Se posso ir lá em cima pra derramar você
Ó chuva preste atenção
Se o povo lá de cima vive na solidão
Se acabar não acostumando
Se acabar parado calado
Se acabar baixinho chorando
Se acabar meio abandonado
Pode ser lágrimas de São Pedro
Ou talvez um grande amor chorando
Pode ser o desabotoado céu
Pode ser coco derramando”*

Marisa Monte – Segue o Seco.

RESUMO

O presente trabalho teve como principal objetivo a avaliação da qualidade da água de chuva destinada ao consumo humano, armazenada em cisternas de placas. O estudo foi realizado no município de Araçuaí, Médio Jequitinhonha, região semi-árida mineira, onde há problemas de escassez hídrica em períodos de secas prolongadas. Foram escolhidas 16 cisternas em duas comunidades rurais. Dessas, oito eram novas, ou seja, estavam armazenando o primeiro ciclo de chuva em 2005, e as oito restantes já tinham mais de dois anos de uso. Estudaram-se parâmetros microbiológicos, físicos e químicos para verificar a variação da qualidade da água durante o armazenamento, comparando com os padrões estabelecidos pela legislação pertinente à potabilidade da água. Durante as visitas às comunidades para coleta, realizou-se uma vistoria do sistema, procurando identificar os prováveis problemas existentes no sistema de captação. No mesmo momento, os proprietários foram questionados a respeito dos cuidados tomados durante a captação e com o armazenamento/tratamento da água. Procurou-se também cadastrar as cisternas existentes em Araçuaí, para obter um panorama geral dos sistemas de captação já construídos no município. Porém, pelo grande número de comunidades e pela distância entre elas, conseguiu-se atender apenas a 17 das 66 comunidades existentes. Observando os resultados do monitoramento, verificou-se a existência de diferenças em alguns parâmetros analisados na água de chuva armazenada nas cisternas. Os resultados de pH, ferro, zinco, coliformes totais e estreptococos fecais não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos de cisterna. As novas apresentaram valores mais elevados de alumínio e de sódio, provavelmente por estarem mais suscetíveis à ação corrosiva da água ao armazenar o primeiro ciclo de chuva. As cisternas antigas tiveram problemas relacionados com contaminação microbiológica e de matéria orgânica, apresentando valores elevados de *E.coli*, contagem heterotrófica, *C.perfringens* e nitrato, provavelmente pelo mau estado de conservação da estrutura e pela não-realização da limpeza periódica. Constatou-se que o processo de desinfecção era realizado por apenas 38% das famílias. Pela análise dos sistemas cadastrados, notou-se a deterioração da estrutura com o decorrer do tempo. As tampas de zinco mostraram não ser adequadas, por entortarem sob a ação do calor, tornando as cisternas suscetíveis à entrada de poeira e de pequenos animais, contaminando a água. Detectou-se a presença de rachaduras em 52% das cisternas cadastradas em Araçuaí, o que pode demonstrar a fragilidade da estrutura. Ao final deste trabalho, concluiu-se que são necessárias algumas modificações no aspecto construtivo do sistema, assim como é preciso implantar uma ação educativa constante para a população que tem a chuva como fonte de água mais confiável.

ABSTRACT

The present work had as its main objective the evaluation of the rain water quality destined to the human consumption stored in plates' cisterns. The study was developed in the municipal district of Araçuaí, Médio Jequitinhonha, semi-arid area of Minas Gerais State, where there are water shortage problems in long droughts periods. Sixteen cisterns were chosen in two rural communities. Of those, eight were new, that is to say, they were storing the first rain cycle in 2005, and the eight remaining had more than two years of use. Some microbiological, physical and chemical parameters were analyzed to check the water quality variation during the storage, comparing them with the patterns established by the drinking water pertinent legislations. During the visits to the communities for collections, an inspection of the system was carried out, trying to identify the problems existence in the rainwater catchment system. At the same moment, the owners were questioned about the cares they had during the catchment and with the water storage/treatment. A register of the cisterns built at Araçuaí-MG was done as complementary work, to obtain a general view of the catchment systems already built in the municipal district. Even so, for the great number of communities and for the distance among them, just 17 of the 66 existent communities were assisted. Observing the monitoring results, differences in some parameters analyzed in the rainwater stored in the cisterns were verified. There was no statistically significant difference between the results of pH, iron, zinc, total coliforms and fecal streptococcus among the two cistern groups. The new ones presented elevated values of aluminum and sodium, maybe because these cisterns are more susceptible to the water corrosive action, because they are storing the first rain cycle. The old cisterns had problems related with microbiological contamination and with organic matter, presenting elevated values of *E.coli*, heterotrophic count, *C.perfringens* and nitrate, probably because of the structure bad state of conservation and the non-accomplishment of the periodic cleaning. It was verified that the disinfection process was accomplished for just 38% of the families. For the registered systems analysis, the structure depreciation with the elapsing of the time was noticed. The zinc covers showed not to be appropriated, because they got damaged under the heat action, turning the cisterns more susceptible to the dusts and small animals' entrance, contaminating the water. The cracks presence was detected in 52% of the cisterns in Araçuaí, which demonstrates the structure fragility. The present research conclusion is that some modifications are necessary in the system constructive aspect, as well as implanting a constant educational action for the population that has rain as their source of more reliable water.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABELAS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1 Situação hídrica global	5
3.2 Sistema de captação de água de chuva em cisternas	12
3.2.1 Histórico da captação de água de chuva	13
3.2.2 Tipos de cisternas	15
3.2.2.1 Cisternas de placas.....	16
3.2.2.2 Dimensionamento de cisternas	20
3.2.3 Aspectos importantes para a melhoria da qualidade da água de chuva durante a captação e o armazenamento	22
3.2.3.1 Desvio da primeira chuva	23
3.2.3.2 Retirada da água	24
3.2.3.3 Métodos de desinfecção.....	25
3.2.3.4 Limpeza periódica da cisterna	27
3.3 Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas	28
3.3.1 Qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas	29
3.3.2 Qualidade físico-química da água de chuva armazenada em cisternas	33
3.3.3 Legislação relacionada à qualidade da água de chuva	35
3.4 Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)	37
4 METODOLOGIA.....	40
4.1 Descrição da área de estudo.....	40
4.2 Monitoramento da qualidade das amostras.....	45

	Página
4.2.1 Análise visual das cisternas	46
4.2.1.1 Cisternas monitoradas.....	46
4.2.1.2 Cisternas cadastradas	46
4.2.2 Parâmetros microbiológicos	47
4.2.2.1 Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	47
4.2.2.2 Contagem total de bactérias (ou contagem heterotrófica)	47
4.2.2.3 <i>Clostridium perfringens</i>	48
4.2.2.4 Estreptococos fecais	49
4.2.3 Parâmetros físico-químicos	50
4.2.3.1 Acidez	50
4.2.3.2 Alcalinidade	51
4.2.3.3 Cloro	51
4.2.3.4 Dureza	51
4.2.3.5 Nitrito e nitrato	52
4.2.3.6 pH	52
4.2.3.7 Turbidez	53
4.2.3.8 Alumínio	53
4.2.3.9 Chumbo	54
4.2.3.10 Ferro	54
4.2.3.11 Sódio	55
4.2.3.12 Zinco	55
4.3 Análise estatística	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1 Análise visual das cisternas	57
5.1.1 Cisternas monitoradas	57
5.1.2 Cisternas cadastradas	59
5.2 Monitoramento das amostras de água de chuva armazenadas em cisterna	62
5.2.1 Análises microbiológicas	62
5.2.1.1 Coliformes totais e <i>E. coli</i>	62
5.2.1.2 Contagem heterotrófica	65
5.2.1.3 <i>Clostridium perfringens</i>	67
5.2.1.4 Estreptococos fecais	68
5.2.2 Análises Físico-Químicas	69
5.2.2.1 pH	69
5.2.2.2 Turbidez.....	70
5.2.2.3 Acidez.....	71

	Página
5.2.2.4 Alcalinidade	72
5.2.2.5 Dureza	73
5.2.2.6 Nitrito e nitrato	74
5.2.3 Metais	76
5.2.3.1 Alumínio	76
5.2.3.2 Sódio	78
5.2.3.3 Ferro.....	79
5.2.3.4 Chumbo.....	80
5.2.3.5 Zinco	81
6 CONCLUSÕES	82
7 RECOMENDAÇÕES	84
8 REFERÊNCIAS	86
APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO DAS CISTERNAS	94
APÊNDICE B – MONITORAMENTO MENSAL DE COLIFORMES TOTAIS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	96
APÊNDICE C – MONITORAMENTO MENSAL DE <i>Escherichia coli</i> NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	97
APÊNDICE D – MONITORAMENTO MENSAL DE ORGANISMOS HETEROTRÓFICOS (CONTAGEM HETEROTRÓFICA) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	98
APÊNDICE E – MONITORAMENTO MENSAL DE <i>Clostridium perfringens</i> NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	99
APÊNDICE F – MONITORAMENTO MENSAL DE ESTREPTOCOCOS FECAIS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	101
APÊNDICE G – MONITORAMENTO MENSAL DE pH NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	103
APÊNDICE H – MONITORAMENTO MENSAL DE ALCALINIDADE NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	104
APÊNDICE I – MONITORAMENTO MENSAL DE DUREZA NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	105

	Página
APÊNDICE J – MONITORAMENTO MENSAL DE NITRATO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	106
APÊNDICE L – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	107
APÊNDICE M – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	108
APÊNDICE N – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE FERRO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	109
APÊNDICE O – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG.....	110
ANEXO A – TÉCNICAS DE TUBOS MÚLTIPLOS PARA DETECÇÃO DE <i>Clostridium perfringens</i> (CETESB, L5.213, 1993).....	111
ANEXO B – TÉCNICA DE TUBOS MÚLTIPLOS PARA DETECÇÃO DE ESTREPTOCOCOS FECAIS (APHA, 1998)	115

LISTA DE FIGURAS

	Página
3.1 Países localizados em regiões áridas/semi-áridas	8
3.2 Região semi-árida brasileira, segundo a Nova Delimitação do Semi-Árido ...	9
3.3 Cacimba utilizada como fonte de abastecimento familiar em Araçuaí-MG....	11
3.4 Sistema de captação de água de chuva	14
3.5 Início de escavação do buraco para construção da cisterna	17
3.6 Confeção das placas da parede e da viga de sustentação da cobertura da cisterna, respectivamente	17
3.7 Placas das paredes e da cobertura da cisterna	17
3.8 Nivelamento do contrapiso	18
3.9 Levantamento das paredes	18
3.10 Amarração das paredes com arame.....	18
3.11 Reboco externo das paredes	19
3.12 Colocação da cobertura da cisterna.....	19
3.13 Demão de cal.....	19
3.14 Confeção da calha de zinco	20
3.15 Dispositivo para desvio automático das primeiras águas	24
4.1 Médio Jequitinhonha, Minas Gerais	40
4.2 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em Minas Gerais.....	42
4.3 Índice de Desenvolvimento Humano de municípios do Médio Jequitinhonha, comparado ao de países considerados os mais pobres do mundo.....	42
4.4 Funcionário da Secretaria Municipal de Saúde de Araçuaí no momento da coleta de amostra.....	45
4.5 Medição de pH e cloro das amostras imediatamente após a coleta	50
5.1 Tampa das cisternas antigas e novas, respectivamente.....	57
5.2 Anfíbio no interior da cisterna	59

	Página
5.3 Problemas apresentados nas cisternas cadastradas em Araçuaí	60
5.4 Trinca com vazamento em parede lateral de cisterna	60
5.5 Localização do extravasor da cisterna	61
5.6 Monitoramento mensal de coliformes totais nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí, MG.....	62
5.7 Monitoramento mensal de <i>E. coli</i> nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG..	62
5.8 Monitoramento mensal de organismos heterotróficos nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	65
5.9 Monitoramento mensal de <i>Clostridium perfringens</i> nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	67
5.10 Monitoramento mensal de estreptococos fecais nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	68
5.11 Monitoramento mensal de pH nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG...	69
5.12 Monitoramento mensal de alcalinidade nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG...	72
5.13 Monitoramento mensal de dureza nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG...	74
5.14 Monitoramento mensal de nitrato nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG...	75
5.15 Monitoramento mensal da concentração de alumínio nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	77
5.16 Monitoramento mensal da concentração de alumínio nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, com a exclusão dos dados de setembro (cisternas 1 a 10).....	77
5.17 Monitoramento mensal da concentração de sódio nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	79

	Página
5.18 Monitoramento mensal da concentração de ferro nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	80
5.19 Monitoramento mensal da concentração de zinco nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	81

LISTA DE TABELAS

	Página
3.1 Análise comparativa da água pluvial captada e armazenada em Kampala, Uganda	24
3.2 Análise comparativa de eficiência de tratamento do SODIS	27
3.3 Classificação proposta por Krishna (1993) para avaliação da qualidade da água de chuva destinada ao consumo humano	36
3.4 Princípios norteadores para execução do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC).....	38
4.1 População total aproximada dos municípios do Médio Jequitinhonha	41
5.1 Relação das comunidades rurais cadastradas pelo projeto	59
5.2 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de coliformes totais da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas).....	63
5.3 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de <i>E. coli</i> da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)	63
5.4 Análises microbiológicas das fontes alternativas utilizadas em Lagoa dos Patos e Coruto, Araçuaí-MG.....	64
5.5 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias mensais da contagem heterotrófica da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas).....	66
5.6 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de <i>Clostridium perfringens</i> da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas).....	67
5.7 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de pH da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas).....	70
5.8 Monitoramento mensal de turbidez nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG	70
5.9 Monitoramento mensal de acidez nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG	72
5.10 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de alcalinidade da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas).....	73
5.11 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de dureza da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)	74

	Página
5.12 Monitoramento mensal de nitrito nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG	75
5.13 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de nitrato da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)	76
5.14 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de alumínio da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)	78
5.15 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de sódio da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)	79
5.16 Monitoramento mensal da concentração de chumbo nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.....	80
5.17 Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de zinco da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)	81

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A	Área da superfície de captação
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
ASA	Articulação no Semi-Árido Brasileiro
CE	Coeficiente de escoamento da superfície
<i>C. perfringens</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
CPCD	Centro Popular de Cultura e Desenvolvimento
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETp	Evapotranspiração
IA	Índice de Aridez de Thorntwaite (1941)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRCSA	<i>International Rainwater Catchment System Association</i>
NMP	Número Mais Provável
ONG	Organização Não-Governamental
P	Precipitação média da região
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
SODIS	<i>Solar disinfection</i>
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
THM	Trihalometanos
UFC	Unidade Formadora de Colônias
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
UT	Unidade de Turbidez
V	Volume de água a ser captado

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, país de extensão continental, possui a maior disponibilidade hídrica do Planeta, com 5,4 trilhões de metros cúbicos, isto é, quase 15% da reserva de água-doce disponível (GONDIM, 2001; THOMAS, 2003). No entanto, a distribuição no país é bastante heterogênea. Uma parcela significativa da população brasileira ainda não tem acesso à água de qualidade, como os moradores de subassentamentos urbanos (“favelas”), OS de pequenos municípios sem sistemas de abastecimento e os de zonas rurais.

A situação de escassez hídrica torna-se ainda mais crítica para os moradores da região semi-árida brasileira, que abrange os Estados do Nordeste e o norte e nordeste de Minas Gerais, atingindo aproximadamente 20 milhões de pessoas (BRASIL, 2005a). Nesses locais, os recursos hídricos são escassos, com mananciais não-perenes, que podem permanecer secos durante grande parte do ano.

A população desses locais, geralmente mulheres e crianças, é obrigada a caminhar longos percursos até o manancial mais próximo, levando para casa uma água com qualidade muitas vezes inadequada para o consumo humano, em recipientes pesados. Mesmo as características físicas (cor, odor e sabor) apresentam indícios de sua má qualidade. Porém, como a água obtida é a única fonte disponível, os moradores da região são obrigados a consumi-la, muitas vezes o fazendo sem qualquer tipo de tratamento, pelo desconhecimento do que essa atitude pode acarretar para sua saúde e de sua família.

Os problemas que surgem como conseqüência da rotina de busca de fontes de água são muitos: desconforto físico, comprometimento do desenvolvimento, no caso de crianças, e elevado número de casos de doenças de veiculação hídrica. De cada quatro mortes de crianças na região, estima-se que uma é devido à diarreia causada por água contaminada (FOME ZERO, 2005).

Então, para atender à necessidade hídrica dessa população, buscam-se soluções alternativas de abastecimento de água, como açudes, barragens subterrâneas, poços, carros-pipa, dentre outros. A Portaria MS Nº 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004a), que estabelece padrões de qualidade para a água destinada ao consumo humano e os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água, apresenta a seguinte definição para as soluções alternativas:

... toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical.

A Portaria 518/2004 ainda preconiza que a água das soluções alternativas está sujeita à vigilância da qualidade, para verificar se há riscos à saúde pelo seu consumo ou se atende aos padrões da norma, para assegurar a condição de potabilidade.

O sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas pode ser considerado uma solução alternativa não-coletiva de abastecimento de água. É uma forma simples de obtenção de água que tem sido amplamente adotada em todo o mundo há vários séculos. Consegue-se, mesmo com o baixo índice pluviométrico típico de regiões semi-áridas, uma quantidade de água capaz de suprir as necessidades básicas de uma família, para beber e cozinhar, durante o período de maior escassez.

Muitos programas, com o intuito de disseminar a técnica de captação de água de chuva em cisternas na região semi-árida brasileira, foram e estão sendo desenvolvidos por Organizações Não-Governamentais (ONGs) e pelo governo federal, no sentido de disponibilizar uma alternativa para a população com dificuldade de obtenção de água para consumo diário.

O governo federal, por meio da Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA), criou em 2000 o “Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC”. O programa tem como meta principal a construção de 1 milhão de cisternas até 2010, beneficiando aproximadamente 5 milhões de pessoas residentes em locais de difícil acesso à água (BRASIL, 2004b). Até março de 2006, já tinham sido construídas 143 mil cisternas, com a aplicação de 235 milhões de reais pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, atendendo a 586 mil pessoas (BRASIL, 2006).

O Médio Jequitinhonha, região localizada ao nordeste de Minas Gerais e onde foi desenvolvida a pesquisa, apresenta os típicos problemas relacionados à escassez hídrica de regiões semi-áridas. Inserido nesse contexto, o presente trabalho, realizado no âmbito de projeto financiado pela FUNASA e intitulado “Proteção sanitária das cisternas utilizadas na reservação de águas pluviais para uso domiciliar: aspectos técnicos e educacionais”, teve como objetivo analisar a qualidade físico-química e microbiológica da água de chuva durante o armazenamento em cisternas de placa localizadas no município de Araçuaí (Médio Jequitinhonha), utilizada exclusivamente para consumo humano direto – beber e cozinhar, com o intuito de contribuir com a literatura relacionada a este assunto. Outros objetivos foram

verificar os potenciais problemas que o sistema de captação de água de chuva pode apresentar, o que comprometeria a qualidade da água a ser consumida, buscando meios de corrigi-los, sem tornar a captação de água de chuva um sistema complexo; e contribuir com ações de educação sanitária junto à população, principalmente relacionada aos cuidados com a água a ser consumida, uma vez que os usuários são os principais responsáveis pela manutenção de sua qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a qualidade da água de chuva armazenada em cisternas de placas destinadas ao consumo humano direto, localizadas no município de Araçuaí (Médio Jequitinhonha), verificando sua qualidade físico-química e microbiológica.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as alterações microbiológicas e físico-químicas da água de chuva captada em função do período de armazenamento.
- Cadastrar cisternas localizadas no município de Araçuaí e verificar os problemas mais comuns encontrados no sistema de captação de água de chuva, propondo meios para melhorá-los.
- Atuar na educação sanitária da população residente na zona rural do município de Araçuaí, para reforçar as práticas corretas na utilização do sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas, assim como no tratamento da água armazenada.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Situação hídrica global

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000), ainda existe cerca de 1,1 bilhão de pessoas sem acesso a um sistema de abastecimento de água adequado. Com o crescente desenvolvimento mundial, estima-se que até o ano 2025 a população atingirá aproximadamente 8 bilhões de habitantes, dobrando o consumo de água. Um dos vários efeitos negativos do crescimento populacional estimado é que se acredita que metade dessa população enfrentará graves problemas com o déficit hídrico e a escassez de alimentos (THOMAS, 2003).

A situação de escassez hídrica pode ser agravada, além do aumento populacional, devido ao processo de desertificação que vem ocorrendo em várias áreas do Planeta. Com a progressiva degradação do solo e as ações antrópica e climática nas regiões de clima árido, semi-árido e subúmido seco, há a perda da fertilidade de grandes extensões de terra. Como consequência desse processo, ocorre a diminuição da produtividade agrícola, expondo as pessoas que vivem próximas, ou em áreas atingidas pela desertificação, aos riscos de fome e de sede (LIMA, 2005).

A disparidade no que diz respeito ao acesso à água não é apenas relacionada à quantidade, mas também à sua qualidade para o consumo humano. Por ser um quadro crítico e de substancial importância para a saúde pública mundial, há um grande esforço para melhorar os serviços de saneamento nos países em desenvolvimento. Estima-se que de cada dólar investido com saneamento, há uma economia de cinco dólares nos dez anos seguintes em postos de saúde, médicos e hospitais (PINTO e HERMES, 2005).

Nos países desenvolvidos da Europa e da América do Norte, praticamente 100% dos domicílios possuem cobertura por sistema de abastecimento de água, valendo ressaltar que a água distribuída passa sempre pelo processo de desinfecção. Situação diferente é encontrada na zona urbana de países em desenvolvimento: um em cada cinco sistemas da África, da Ásia, da América Latina e do Caribe não faz a desinfecção da água a ser distribuída para a população (PONTES e SCHRAMM, 2004).

De acordo com Thomas (2003), apesar da expansão no abastecimento de água para mais de 100 milhões de pessoas nos últimos 40 anos, cerca de 20% da população brasileira ainda não tem acesso à água tratada. Em pesquisa realizada pelo IBGE (2000), constatou-se que ainda

existiam 116 municípios brasileiros sem sistema de abastecimento de água, sendo a maior parte (56%) na Região Nordeste. Mesmo em grandes cidades, como São Paulo, muitos habitantes convivem com a incerteza de ter água saindo pela torneira diariamente. “(Água) É fundamental pro ser humano, é triste ver meu pai carregando todo dia, pra gente tomar banho, fazer comida”, lamenta um menino de 15 anos (JORNAL NACIONAL, 2006).

O convívio com a escassez hídrica ocorre com maior frequência em pequenos municípios, com população de até 20.000 habitantes, e em subassentamentos localizados em zonas urbanas, as chamadas “favelas”. Apenas 46% dos domicílios localizados em pequenos municípios estão ligados à rede geral de abastecimento de água (IBGE, 2000; THOMAS, 2003).

Em se tratando da zona rural brasileira, praticamente não há fornecimento de água por sistema de abastecimento coletivo. Cerca de 80% dos domicílios rurais não possuem rede geral de água e 40,83% são servidos por poço ou nascente (BRASIL, 2004c). Por estarem distantes da sede municipal, a ligação ao sistema de abastecimento torna-se uma obra cara. Visto que grande parte dos moradores das áreas rurais é de baixa renda, não há a possibilidade de eles arcarem com os gastos provenientes da implantação da obra e das contas relativas ao consumo de água.

Pouco ainda tem sido feito no que tange ao saneamento das áreas rurais, mesmo sendo onde provavelmente existam mais problemas com doenças relacionadas ao consumo de água de má qualidade (GAZZINELLI *et al.*, 1998). Normalmente, as fontes disponíveis são poços rasos e nascentes, meios suscetíveis à contaminação, seja por contato direto com material fecal, por serem também utilizadas para dessedentação de animais, ou por material carreado juntamente com a água de escoamento superficial durante o período chuvoso.

Entretanto, os habitantes do meio rural, por conviverem com o problema de escassez hídrica há vários anos, dentre outros problemas associados à pobreza, já se encontram habituados com as características das fontes de água disponíveis, muitos as considerando como de boa qualidade, por não associarem problemas, como a diarreia, ao consumo de água contaminada.

Em pesquisa realizada por Amaral *et al.* (2003) na região nordeste de São Paulo, aplicou-se um questionário para saber qual a opinião dos moradores acerca da qualidade da água consumida. Paralelamente, foram coletadas amostras de fontes, reservatórios e bebedouros

humanos, submetendo-as à contagem de indicadores de contaminação fecal (coliformes totais e *E.coli*) e de microrganismos mesófilos.

Pelo questionário aplicado, Amaral *et al.* (2003) constataram que 100% das pessoas consideravam a água consumida de boa qualidade e que seria “pura” pelo seu bom aspecto ao não apresentar materiais em suspensão e não ter gosto. Por não verificarem efeitos negativos sobre a saúde, evidentes durante longos períodos de consumo, acreditavam ser desnecessário realizar algum tipo de tratamento da água, portanto não faziam a desinfecção e poucas residências possuíam filtro caseiro.

Por outro lado, ao avaliar os resultados das análises das amostras coletadas, os autores verificaram que a premissa de “boa qualidade” das fontes não era totalmente verdadeira. Em 90 e 83% das amostras analisadas (no período chuvoso e no de estiagem, respectivamente) não houve a conformidade com os padrões microbiológicos de potabilidade da água para consumo humano.

O resultado evidencia os perigos aos quais uma população está exposta por consumir água de qualidade duvidosa e sem tratamento adequado. A situação se agrava principalmente pelo fato de grande parte dos moradores de zonas rurais ser de baixa escolaridade e não possuir o mínimo do conhecimento básico sobre os cuidados que deveriam ter com a água a ser consumida e sobre a relação existente entre qualidade da água e transmissão de doenças.

A dificuldade de obtenção de água não é exclusiva de moradores de zonas rurais. O problema também afeta habitantes de todo o Planeta, residentes em locais onde o clima é árido/semi-árido. Como pode ser visto na Figura 3.1, mais de 37% do Planeta possui esse tipo de clima (LIMA, 2005).

A principal característica do semi-árido é o baixo índice pluviométrico (P), associado à elevada taxa de evapotranspiração (ETp), o que causa grande perda de água nos mananciais superficiais.

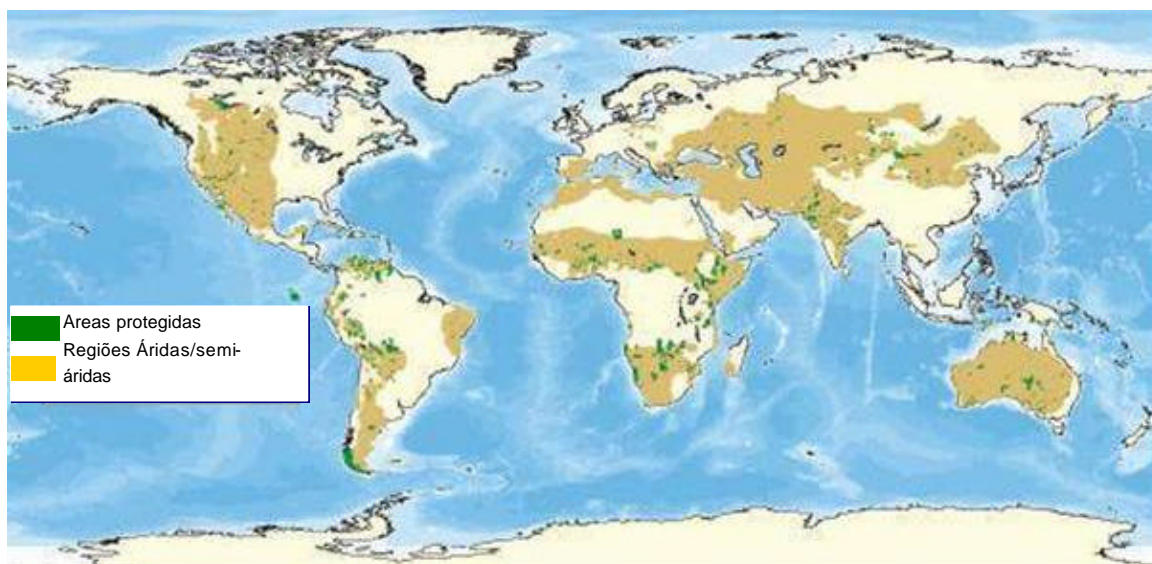


Figura 3.1 – Países localizados em regiões áridas/semi-áridas

Fonte: World Resources Institute (2006).

Segundo a classificação do Índice de Aridez (IA) de Thornthwaite de 1941, que é a razão entre P e ETp, existe a seguinte subdivisão de climas (BRASIL, 2005a):

- Hiperárido: $IA < 0,05$ (típico de desertos)
- Árido: $0,05 < IA < 0,20$
- Semi-árido: $0,20 < IA < 0,50$
- Subúmido seco: $0,50 < IA < 0,65$
- Subúmido úmido: $0,35 < IA < 1,00$
- Úmido: $IA > 1,00$

Mesmo estando localizados em região de clima semi-árido, muitos países conseguem lidar com problemas relacionados com a falta de água. Um exemplo é a China. O país mais populoso do Planeta possui graves problemas de escassez hídrica, devido à existência de grandes regiões com climas que variam de hiperárido a semi-árido, com precipitação anual oscilando entre valores menores que 200 e 600 mm/ano. No entanto, a China possui uma grande atividade agrícola, produzindo 500 milhões de toneladas de grãos. Por conviver com a escassez hídrica há séculos, o governo tem apoiado a utilização de água de chuva para a irrigação de culturas comercializáveis, além do uso para o consumo doméstico. Os cientistas chineses também têm estudado modelos de captação de água de chuva de fácil construção e maior durabilidade, além de darem preferência a sistemas de irrigação com menor gasto de água (GNADLINGER, 2001a).

O mesmo não ocorre com o Brasil. É o país de maior disponibilidade hídrica e a média anual de precipitação pode chegar ao dobro do que ocorre na China. Entretanto, tem produção de grãos cinco vezes menor (GNADLINGER, 2001a).

Por sua grande extensão territorial, o Brasil apresenta uma elevada heterogeneidade em relação às suas características demográficas, climáticas e sociais. A Região Norte, a menos populosa do País, possui praticamente 70% dos recursos hídricos disponíveis no Brasil. Já as outras regiões, que englobam a maior parte da população brasileira, apresentam 15% no Centro-Oeste, 12% no Sudeste e Sul e apenas 3% na Região Nordeste (GONDIM, 2001).

A menor disponibilidade hídrica no Brasil encontra-se em uma grande área do Nordeste e parte do Sudeste: a região semi-árida (Figura 3.2). São 974.752 km², que incluem os seguintes Estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, além do norte e nordeste de Minas Gerais.

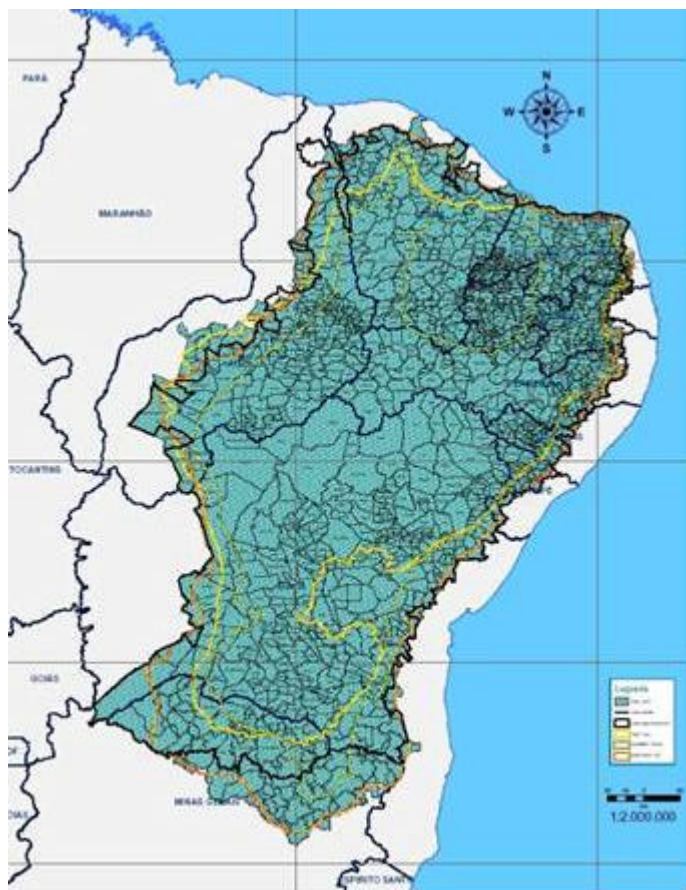


Figura 3.2 – Região semi-árida brasileira, segundo a Nova Delimitação do Semi-Árido.
Fonte: BRASIL (2005a).

De acordo com a área de atuação do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), o Espírito Santo possui 2,51% de seu território (ao norte do Estado) apresentando características típicas do clima semi-árido. Entretanto, uma reunião interministerial realizada entre vários órgãos relacionados à região semi-árida (ANA, Ministério do Meio Ambiente, SUDENE, dentre outras) resultou em um relatório com a proposta de redelimitação dessa região. Na reunião foram apresentadas quatro alternativas de caracterização do clima semi-árido: Índice de Aridez de Thorntwaite, Fator de Risco de Ocorrência de Seca, Unidades Geossistêmicas e Isoieta de 800 mm (BRASIL, 2005a). Pela análise dos fatores apresentados, concluiu-se que o norte do Espírito Santo não possui todas as características fisiográficas e ecológicas para poder ser incluído como pertencente à região semi-árida.

A região semi-árida brasileira possui problemas nas duas variáveis relacionadas à disponibilidade de água: quantidade e qualidade. O período chuvoso nesse local é irregular, ou seja, mal distribuído durante o ano, concentrando-se em aproximadamente quatro meses. A precipitação média anual varia entre 200 e 1.000 mm, entretanto o déficit hídrico é elevado, devido à alta taxa de evapotranspiração de até 3.000 mm (GNADLINGER, 2001a). Com essa escassez, os recursos disponíveis podem permanecer inexistentes durante grande parte do ano.

Em períodos de chuva, a situação não chega a ser tão crítica quanto nos de seca. Vários rios reaparecem, formam-se pequenos lagos, e estes suprem a necessidade de água da população vizinha. Todavia, esse quadro é temporário. Em virtude das elevadas temperaturas típicas do clima semi-árido, há intensa redução do volume dos mananciais, tornando-se esses inexistentes ou grandes “barreiros” no período de seca.

É muito comum os moradores terem de cavar buracos em leitos de rios secos até obterem água, mesmo sabendo que a qualidade dessa água é, muitas vezes, inadequada para consumo. São as chamadas “cacimbas”, como pode ser visualizado na Figura 3.3, referente à zona rural do município de Araçuaí, Minas Gerais. A bomba presente na figura demonstra que esse local é o leito de rio utilizado em períodos chuvosos para distribuir água para as casas vizinhas, visualmente sem água durante o período de seca prolongada.



Figura 3.3 – Cacimba utilizada como fonte de abastecimento familiar em Araçuaí-MG.

Com a redução da quantidade de água, há a concentração dos sólidos em suspensão, o aumento da turbidez e a concentração da contaminação presente na fonte de água disponível na região. Essas fontes não duram por longos períodos, o que obriga os “sertanejos” (habitantes do sertão) a deslocarem-se durante horas para procurar outra fonte para obtenção de água.

Estudos evidenciam que são necessários cerca de três “dias/homem” por semana para obter água. Normalmente, são mulheres e crianças que cumprem a tarefa de buscar água, acordando de madrugada, entre 2 e 4 horas, e caminhando de 1 a 6 km até o manancial mais próximo. Eles retornam para casa com latas pesadas sobre a cabeça, muitas vezes estando a água coletada contaminada por fezes de animais domésticos e silvestres, que também fazem uso da mesma fonte (LIMA *et al.*, 2001; SONDA *et al.*, 2001).

O relato de doenças de veiculação hídrica entre os habitantes que consomem água de fontes alternativas é freqüente (diarréia, verminoses, dentre outras), principalmente em crianças, assim como o de problemas físicos (dores de coluna, pernas e cabeça) (LIMA *et al.*, 2001; SONDA *et al.*, 2001). A rotina de busca de fontes de água também despense várias horas do dia de uma pessoa, que poderiam estar sendo utilizadas em outras atividades domésticas, ou até mesmo em busca de complementos para a renda familiar.

3.2 Sistema de captação de água de chuva em cisternas

Como alternativa para suprir a carência de água para as pessoas que convivem com a seca, têm-se utilizado soluções alternativas de abastecimento, como açudes, poços, cacimbas, barragens subterrâneas e sistema de captação/armazenamento de água de chuva em cisternas.

Dentre as soluções alternativas, o sistema de captação de água de chuva em cisternas é a que tem se mostrado como uma das mais eficientes e também de baixo custo, e pode trazer diversas vantagens para a população:

- Por ser vedado, não há perdas significativas de água por evaporação.
- Armazena água durante todo o período de seca, se a cisterna estiver em bom estado de conservação.
- É construído próximo à residência, evitando que os moradores tenham que se deslocar por longos percursos para adquirir água para o consumo diário.
- Com os cuidados necessários, a água de chuva armazenada pode possuir qualidade muitas vezes superior à de outras fontes.

O campo de pesquisas para a melhoria das técnicas e da qualidade da água de chuva captada ainda é amplo e tem sido muito estudado, tanto em países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento, por ser uma alternativa que pode auxiliar milhões de pessoas a conviverem com escassez hídrica e minimizar o impacto de outros problemas, como as enchentes.

Apesar de ser um país ainda com abundância de água, a crescente urbanização na Suécia e a grande utilização dos mananciais disponíveis causaram queda no fornecimento e na qualidade da água distribuída. Mas, para garantir água para a população, os suecos passaram a utilizar água de chuva em suas moradias (VILARREAL e DIXON, 2005).

Em uma área residencial localizada ao sudeste de Norrköping, a 140 km de Estocolmo, há um sistema de captação de água de chuva, destinada para fins “menos nobres”, como descarga de sanitários, lavanderia, limpeza de carros e irrigação. Essas formas de consumo não requerem qualidade restritiva da água e, normalmente, correspondem a 45% dos gastos de água em uma residência. Com esse sistema, o volume de água potável é economizado para os usos “nobres”, isto é, beber, cozinhar e higiene pessoal (VILARREAL e DIXON, 2005).

No Japão, na Inglaterra (Londres) e na Alemanha (Berlim), a economia de água potável pela utilização de água de chuva também é muito praticada e ainda tem outros objetivos: evitar

problemas de enchentes, diminuir a dependência das fontes principais, reduzir as contas de água e prover fonte hídrica de emergência (VILARREAL e DIXON, 2005). Na Alemanha, cerca de 20% das casas usam água de cisternas para esses fins (SICKERMANN, 2000, *apud* GONDIM, 2001). De acordo com Sickermann (2000, *apud* GONDIM (2001), várias empresas alemãs também fazem uso dessa tecnologia para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, reposição de evaporação de piscinas de hotéis e limpeza industrial.

Bortman (1997, *apud* Smith *et al.*, 1999) ainda cita que a captação da água de chuva tem como vantagem a diminuição do seu impacto no solo, evitando a possibilidade de ocorrência de erosão e assoreamento de corpos d'água.

Algumas cidades brasileiras, como São Paulo e Porto Alegre, implementaram leis municipais que tornam obrigatória a instalação de sistemas de captação de água de chuva em edifícios, com o objetivo principal de prevenir enchentes. No entanto, essas leis ainda não são muito específicas e necessitam passar por aperfeiçoamentos. Por exemplo, a Lei 13.276/02, de São Paulo, define o volume do reservatório para armazenamento de água de chuva em função da superfície de captação, e norteia quanto ao descarte, contudo não há orientação quanto ao aproveitamento da água e não explica o que são as “finalidades não-potáveis” às quais a água de chuva captada pode se destinar (AYUB *et al.*, 2005).

3.2.1 Histórico da captação de água de chuva

O sistema de captação de água de chuva em cisternas tem sido usado há vários séculos em regiões áridas e semi-áridas, difundido em locais onde há chuva em poucos meses durante o ano, irregularmente distribuída. Essa técnica faz parte do acervo cultural de povos de locais como o Oriente Médio e a Ásia (SCHISTEK, 2001).

O sistema consiste de uma superfície de captação, que pode ser o telhado da residência ou calçada cimentado próximo à residência, e também de uma calha para o transporte da água até o local de armazenagem, no caso as cisternas (Figura 3.4).

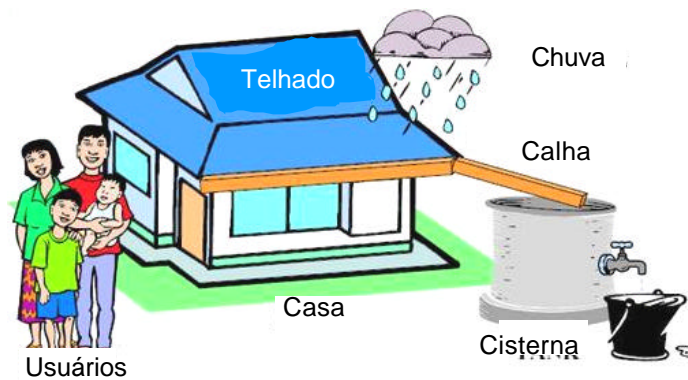


Figura 3.4 – Sistema de captação de água de chuva.

Fonte: adaptado de Heitz e Rumong (2003).

Antigamente, a utilização da água de chuva captada era voltada tanto para a agricultura quanto para o consumo humano. Existem relatos históricos de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas na Ilha de Creta datando de 1700 a.C., nas ruínas do palácio de Knossos (LYE, 1992).

Segundo Crasta *et al.* (1982), a prática de captação de água de chuva também era utilizada no século I a.C, quando da dominação romana na Sardenha, onde as pessoas construíam sistemas rústicos para a coleta de água de chuva para consumo humano. No deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia, foi encontrado um sistema integrado de captação de água de chuva e agricultura de escoamento, datando de 2.000 anos (CRASTA, 1982).

Em artigo publicado em 1863, pelo Instituto J. Franklin (RUSKIN, 2001a), constatou-se que Veneza também utilizava água de chuva armazenada em cisternas por um período superior a 1.300 anos, sendo essa a principal fonte de água fresca até o século XVI. A água de chuva era armazenada em 177 cisternas públicas e 1.900 privadas.

Os maias e os astecas também deixaram um rico legado no México no que diz respeito à captação de água de chuva. Em território mexicano foram encontradas cisternas com volumes de 20.000 a 45.000 L (chamadas de *chultuns*), escavadas em terreno calcário e revestidas com material impermeável, destinadas para agricultura (GNADLINGER, 2004). Outras formas de armazenamento eram as aguadas (reservatórios cavados com capacidade que variava de 10 a 150 milhões de litros) e as aquaditas (reservatórios cavados com menores capacidades, com o volume variando de 10.000 a 50.000 L). Ambas as formas também eram destinadas para a agricultura (GNADLINGER, 2004).

Na África e no Sudão, até mesmo árvores de grande porte eram utilizadas para armazenar água de chuva para o consumo humano durante os períodos de seca; buracos eram feitos em seu interior e selados posteriormente com barro, podendo conter volumes de 1.200 a 4.000 L. Foram encontradas também outras formas de armazenamentos de água de chuva, como buracos feitos em rochas e cobertos com telhados de alvenaria (LYE, 1992).

Na zona rural do nordeste da Tailândia, jarros de barro ainda são utilizados para armazenar água de chuva para o consumo humano durante os períodos de escassez hídrica (PINFOLD *et al.*, 1993). O volume de armazenamento é de no máximo 2000 L, contudo, é comum os moradores possuírem mais de dois jarros para suprir a necessidade de água diária de toda família.

Com o aumento e a concentração da população, a captação de água de chuva tornou-se uma alternativa de grande importância, principalmente em locais com déficit no fornecimento de água, como zonas rurais e regiões de clima árido e semi-árido de países como Arábia Saudita, África, Brasil, China, Estados Unidos, Nova Zelândia e Tailândia (LYE, 1992; PINFOLD *et al.*, 1993; ZHANDE e JONNALAGADA, 1996; ALABDULA'ALY e KHAN, 2000; SIMMONS *et al.*, 2001; AMORIM e PORTO, 2003; KUN *et al.*, 2004).

3.2.2 Tipos de cisternas

Existem vários formatos e materiais para construção de cisternas. Os mais frequentes são os circulares e os retangulares. O circular (ou cilíndrico) é o formato mais utilizado, por ser considerado como o modelo mais econômico e o mais resistente. Os materiais mais usuais podem incluir ferro ou material galvanizado, concreto armado ou sem aço, ferrocimento, argamassa ou argila, polietileno e fibra de vidro (RUSKIN, 2001a).

De acordo com o tipo de solo existente, as cisternas podem ser enterradas, semi-enterradas ou apresentando sua estrutura totalmente sobre o solo. Como 80% da área geográfica do semi-árido brasileiro é de terreno cristalino, a escavação do solo torna-se um processo penoso. Nesses casos, é mais comum a construção de cisternas apoiadas, como a de ferrocimento, considerada mais resistente, por ser reforçada com tela de galinheiro e arame liso, com diversas camadas de argamassa de cimento (SCHISTEK, 2001).

Por não haver muito espaço territorial nas Ilhas Virgens, EUA, as cisternas são construídas como parte da fundação da casa, sendo feitas de blocos de concreto reforçados com barras de ferro e preenchidos com concreto. As cisternas de fibras de vidro reforçadas também são

usadas na região, não como parte da fundação, porém ocupam muito espaço e por isso não são recomendadas para o local (BORTMAN, 1997, *apud* SMITH *et al.*, 1999).

3.2.2.1 Cisternas de placas

O conceito de cisternas de placas pré-moldadas foi desenvolvido no Brasil há mais de 30 anos, mais precisamente nos Estados de Sergipe e Bahia, por um pedreiro sergipano residente durante anos em São Paulo, atuando na construção de piscinas, onde aprendeu a técnica de placas de cimento pré-moldadas. (MATIAS e CAMPOS, 2001). De volta à terra natal, o pedreiro utilizou sua experiência com essa técnica para elaborar um novo modelo de cisterna, com formato cilíndrico. Toda estrutura da cisterna – placas e vigas – é confeccionada apenas com placas feitas de argamassa de cimento e formas específicas Posteriormente, com a ajuda de seu irmão, a técnica foi difundida para outros pedreiros da região (MATIAS e CAMPOS, 2001).

O modelo de cisternas de placas pré-moldadas tem sido consagrado como uma das mais eficientes propostas, sendo adotado majoritariamente no Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Os motivos determinantes desse “sucesso” são: baixo custo, facilidade de construção, segurança e durabilidade.

Geralmente, as cisternas de placas são construídas em mutirões, realizados pela população local, devidamente treinada por pedreiros capacitados. As cisternas possuem formato cilíndrico e três quartos de sua altura são enterrados. A construção desse modelo de cisterna é realizada em várias etapas, descritas por Matias e Campos (2001):

1. Escolha do terreno, de modo que a cisterna fique próxima do telhado para aproveitar toda água do telhado, porém afastada de árvores frondosas, pois as raízes dessas podem comprometer, a longo prazo, a estrutura da cisterna.
2. Marcação do buraco onde será construída a cisterna. Esse deve ter 2,20 m de raio e, aproximadamente, 1,5 m de profundidade, caso o solo seja rochoso. Se não for o caso, o buraco pode chegar a 1,90 m de profundidade (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Início da escavação do buraco para construção da cisterna.

3. Confeção das placas de cimento para paredes, vigas e cobertura das cisternas. São usadas fôrmas de madeira, preenchidas com concreto; para as vigas da cobertura existe uma armação de ferro (Figuras 3.6 e 3.7).



Figura 3.6 – Confeção das placas da parede e da viga de sustentação da cobertura da cisterna, respectivamente.



Figura 3.7 – Placas das paredes e da cobertura da cisterna.

4. Nivelamento do contrapiso e levantamento das paredes (Figuras 3.8 e 3.9), que devem estar distantes 1,5 m de raio do contrapiso, deixando-se um espaço de 1,5 cm entre uma placa e outra, para fazer o rejunte. Após erguer três fiadas de placa, amarrá-las com arame 12 (pré-cozido ou farpado), com três ou mais voltas em casa fiada (Figura 3.10).



Figura 3.8 – Nivelamento do contrapiso.



Figura 3.9 – Levantamento das paredes.



Figura 3.10 – Amarração das paredes com arame.

5. Reboco externo e colocação das vigas (Figura 3.11). Quando o reboco estiver seco, preencher o espaço com terra e fazer a compactação. Assentar as vigas no meio da cisterna e, depois, colocar as meias-placas, lembrando que uma deve ter um buraco para colocar o extravasor (cano que vai permitir o escoamento do excesso de água).



Figura 3.11 – Reboco externo das paredes.

6. Reboco interno, que deve ter o acabamento bem liso e sem falhas. Posteriormente, “pincelar” a parte interna com uma “nata” de cimento (duas partes de água e uma de cimento) e colocar as placas da cobertura (Figura 3.12). Após o reboco estar seco, pode-se passar uma demão de cal por fora da cisterna, para melhor conservá-la (Figura 3.13).



Figura 3.12 – Colocação da cobertura da cisterna.



Figura 3.13 – Demão de cal.

7. Construção das calhas de zinco e colocação dos canos, de 75 mm de diâmetro (Figura 3.14).



Figura 3.14 – Confeção da calha de zinco.

Como etapa final da construção da cisterna, é muito importante realizar a limpeza do interior, para retirada dos resíduos de cimento que por ventura estejam presentes. Pelo baixo pH da água de chuva, acredita-se que a mesma tenha a capacidade de dissolver os metais presentes na constituição do cimento, disponibilizando-os para a água. Os resíduos que ficam no fundo da cisterna seriam mais uma fonte de disponibilização de metais, além do próprio cimento constituinte das placas.

3.2.2.2 Dimensionamento de cisternas

O tamanho das cisternas pode variar de acordo com as necessidades hídricas e o uso, que podem ser unifamiliar ou comunitária. O volume mais utilizado no Brasil é de 16.000 L, podendo ser encontradas cisternas com 20.000 ou 25.000 L, principalmente no caso de cisternas comunitárias.

O planejamento do sistema de captação de água de chuva leva em conta vários fatores: clima, precipitação média anual, área da superfície de captação (telhado) e número e hábitos de consumo dos futuros proprietários da cisterna (THOMAS, 1999).

De acordo com Smith *et al.* (1999), o dimensionamento da cisterna pode influenciar a qualidade da água a ser armazenada. O superdimensionamento da cisterna, apesar de parecer interessante para os moradores, pela ilusão de poderem armazenar maiores volumes de água, pode comprometer a qualidade da água. Ocorrem dois problemas: a cisterna nunca vai ser completamente cheia, havendo o desperdício do excesso de material empregado na construção, ou o volume nunca será totalmente consumido, o que dificulta a limpeza anual da cisterna, não havendo a remoção dos sedimentos acumulados no fundo da cisterna.

Jalfim (2001) realizou um estudo para demonstrar a capacidade de armazenamento de água mesmo em situações mais críticas. Segundo o autor, o consumo de água na zona rural é de aproximadamente 6 L *per capita*/dia, considerando apenas necessidades prioritárias para o ser humano, que seriam beber e cozinhar (situação a). Já para Ariyananda (1999), esse valor deveria ser 20 L (situação b), pois a higiene pessoal também deve ser considerada como necessidade básica do ser humano.

Multiplicando os valores das situações (a) e (b) pelo número médio de pessoas em uma família, tomado como cinco pessoas, e pelo número de dias do ano, o consumo anual nessa situação seria de 10.950 e 36.500 L, respectivamente.

A situação mais crítica que pode acontecer no semi-árido brasileiro seria a precipitação de apenas 200 mm no período chuvoso. No entanto, estudos revelam que apenas uma pequena parcela do semi-árido brasileiro tem uma média pluviométrica anual inferior a 400 mm (a média dessa região em geral é de 750 mm/ano) (JALFIM, 2001). Portanto, o potencial hídrico do semi-árido brasileiro é muito superior ao de outras regiões também classificadas como semi-áridas, podendo ser considerado como “o mais úmido dos semi-áridos”.

Para cálculo, Jalfim (2001) considerou a área da superfície de captação, o telhado da residência, possuindo 70 m²; a situação mais crítica de chuva, com apenas 200 mm ao ano; e a capacidade de escoamento da superfície, que vai variar de acordo com a característica do telhado (considera-se no exemplo 75%). Mesmo assim seria possível captar e armazenar 10.500 L de água de chuva, conforme a equação 1:

$$V = P \times A \times CE \quad (\text{equação 1})$$

em que

V = volume de chuva a ser armazenado;

P = precipitação média da região;

A = área da superfície de captação, e

CE = coeficiente de escoamento da superfície.

Analisando a situação (a), o volume calculado praticamente atende à necessidade no período de seca. Já na situação (b), cujo consumo é de 20 L *per capita* diário, o volume captado seria aproximadamente três vezes inferior ao que seria consumido pela família.

Apesar de os volumes calculados pelos exemplos não atenderem totalmente à necessidade, eles ainda assim ilustram o potencial que o sistema de captação de água de chuva em cisternas tem para atender à população rural da região semi-árida brasileira. No exemplo foi considerada a situação mais desfavorável que poderia ocorrer: a precipitação de apenas 200 mm no período chuvoso. Todavia, não existe ano totalmente sem chuva e a região semi-árida brasileira possui capacidade pluviométrica mais elevada que a de outros países, mesmo que com uma má distribuição no tempo e no espaço. Também, as perdas normais de captação podem variar de acordo com o tipo de material usado como superfície, pois há influência na taxa de evaporação, na capacidade de absorção de água pela telha etc.

Para exemplificar a capacidade potencial do sistema e considerando os mesmos dados utilizados no estudo de Jalfim (2001), a equação 1 e a média pluviométrica anual da região como 750 mm, seria possível captar aproximadamente 39.000 L, suprimindo a necessidade hídrica mesmo com o maior gasto familiar exemplificado, que seria de 20 L *per capita* diário. Considerando que o modelo de 16.000 L é o mais comumente construído, cerca de 60% do potencial de armazenamento não é aproveitado.

3.2.3 Aspectos importantes para a melhoria da qualidade da água de chuva durante a captação e o armazenamento

Durante a captação, medidas como o desvio da primeira chuva e a instalação de filtros antes da cisterna podem reduzir tanto a contaminação microbiológica quanto a físico-química da água. Esses aparatos, ao serem incorporados ao sistema de captação de água de chuva, retiram grande parte das sujeiras presentes na atmosfera e, principalmente, na superfície de captação, melhorando muito a qualidade da água de chuva a ser consumida.

Existem vários meios de captar e tratar a água de chuva de forma que a qualidade se torne aceitável. Na literatura, são citados mecanismos para aperfeiçoar o sistema desde a captação até o tratamento da água, alguns sendo muito sofisticados: filtros autolimpantes, desinfecção por radiação ultravioleta e remoção de contaminantes por membrana de metal associada à ozonização (ANDRADE NETO, 2004; KIM *et al.*, 2003).

No entanto, muitas são medidas de alto custo e de difícil operação para pessoas de baixa renda e escolaridade, comum no cenário rural brasileiro. O objetivo principal da captação da água de chuva é facilitar a vida das pessoas na obtenção de água, e o emprego de aparatos complexos e caros faz com que haja a perda desse real sentido.

Mas existem também formas baratas, simples e eficazes de cuidados com a água. Atitudes como manter uma tela de plástico ou náilon nas saídas das tubulações podem impedir a entrada de pequenos animais ou insetos na cisterna. Andrade Neto (2004) sugere que as telas não sejam colocadas na entrada da água da cisterna, pois as sujeiras poderiam ficar retidas na linha de fluxo, obstruindo a passagem de água e comprometendo a sua qualidade. Entretanto, essa medida é recomendada por Amorim e Porto (2003), considerada por eles um bloqueio contra a entrada de folhas, insetos e pequenos animais na cisterna pela tubulação, que contaminariam a água.

3.2.3.1 Desvio da primeira água

Mesmo nas situações em que há a inclusão de telas nas entradas, é recomendado o desvio da primeira chuva, com o intuito de remover as partículas depositadas na superfície de captação: folhas de árvores, poeira e fezes de pássaros e de pequenos animais, assim como eles próprios, que podem residir em buracos de telhas ou dentro das tubulações.

Esse sistema pode ser manual, operado pelo proprietário do sistema de captação, apenas retirando a conexão do tubo da calha; ou automático, com a construção de aparato de desvio (Figura 3.15), podendo ou não haver o aproveitamento da água descartada. Vale ressaltar que, pela baixa qualidade microbiológica, o uso da água desviada deve ser apenas para fins que não se destinem diretamente ao contato humano, por exemplo, a irrigação de jardins.

Estudos realizados com a aplicação do desvio demonstraram o aumento da qualidade da água a ser armazenada, pois a água descartada lava a superfície de captação, levando com ela as sujeiras depositadas durante o longo período de seca.

Ntale e Moses (2003) analisaram a água de chuva captada em cisternas em Kampala, Uganda, comparando a qualidade da primeira água, da água retida pelo sistema de desvio e da água armazenada. Considerando que foram desviados os primeiros 10 minutos de chuva da precipitação média da região (1.100 mm) em um telhado com 150 m² de área superficial, deixaram de ser captados aproximadamente 125 L de água “suja”. Na Tabela 3.1 estão os resultados desse estudo.

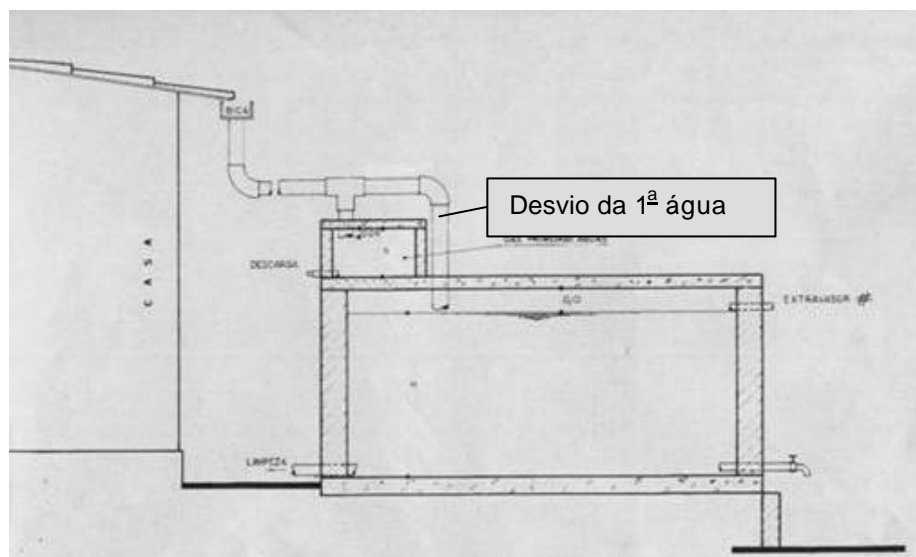


Figura 3.15 – Dispositivo para desvio automático das primeiras águas.

Fonte: Andrade Neto (2004).

Tabela 3.1 – Análise comparativa da água pluvial captada e armazenada em Kampala, Uganda

Parâmetros	1ª Água	Água Retida no Sistema de Desvio	Água Armazenada
Turbidez (UNT)	5	42	3
Cor (Pt Co)	26	125	9
Coliformes termotolerantes (nº/100mL)	26	4	0
Estreptococos fecais (nº/100mL)	83	200	0

Fonte: adaptado de Ntale e Moses (2003).

Os resultados apresentados no estudo de Ntale e Moses (2003) demonstraram que houve uma nítida melhoria da água ao desviar a primeira água, principalmente no que diz respeito aos parâmetros microbiológicos – os coliformes termotolerantes e estreptococos fecais não foram detectados na água armazenada nas cisternas.

3.2.3.2 Retirada da água

O método de retirada da água também tem grande influência na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas. A retirada deve ser realizada de forma que não haja contato direto do usuário com a água, para reduzir o risco de contaminação. A forma mais correta de retirada da água das cisternas é através da utilização de bombas (manuais ou automáticas), permitindo que a cisterna mantenha-se sempre fechada, mesmo na hora da coleta, e que não haja contato

de recipientes, nem sempre adequadamente limpos, com a água. Existem modelos muito simples, como o de bola de gude, de fácil construção e manuseio (WIN e SILVA, 2001).

Quando na impossibilidade do uso de bombas, a retirada da água pode ser realizada manualmente. Mas é essencial salientar a importância dos cuidados nesse procedimento: higienizar as mãos, utilizar sempre o mesmo recipiente, tratando-o como se fosse utensílio de cozinha, não o colocando no chão, e conservar a tampa da cisterna sempre fechada e bem vedada, para impedir a entrada de insetos, animais, sujeiras e luz.

3.2.3.3 Métodos de desinfecção

Em relação à desinfecção, existem vários processos para realização dessa importante etapa. Podem ser usados processos caros e complexos, como irradiação ultravioleta (UV), filtração com osmose reversa ou troca iônica, ou o mais comum e de menor custo, a cloração (RUSKIN, 2001b).

O cloro é considerado um produto eficiente na remoção de alguns agentes causadores de doenças de veiculação hídrica (bactérias e vírus), sendo de fácil acesso para a população por ser barato e estar disponível em formas de rápida dissolução: o hipoclorito de sódio na forma de água sanitária, com concentração de cloro variando de 2 a 5%, ou na forma sólida, em pó.

No entanto, existem ressalvas quanto ao seu uso. Para garantir a eficiência de sua ação, deve ser levado em conta o tempo de contato da água com o cloro (30 minutos), o cloro residual livre (0,5 mg/L) e a turbidez da água, que não deve ultrapassar 1 UT (BRASIL, 2004a).

Entretanto, a população que tem a água de chuva em cisternas como fonte de abastecimento normalmente é de baixa escolaridade e baixo poder aquisitivo, não tendo conhecimento e, principalmente, acesso a medidores necessários para o controle qualitativo da ação do cloro, como o medidor de turbidez e de cloro livre. O processo de cloração sem o controle necessário pode gerar subprodutos potencialmente cancerígenos, decorrentes da reação do cloro com a matéria orgânica em decomposição presente na água (restos de folhas, fezes de animais e insetos).

Um método eficiente de desinfecção por cloro seria aplicá-lo após a filtração domiciliar. Barros *et al.* (1995) descreveram esse processo para situações em que há o recebimento de água de sistema coletivo sem tratamento apropriado, podendo ser adequado para desinfecção de água de chuva:

- coloca-se na bilha a água já filtrada que sobrou do filtro;
- adicionam-se na parte de baixo do filtro 3 gotas de água sanitária para cada litro de água que você colocar na parte de cima do filtro;
- durante a noite, use apenas a água da bilha; e
- pela manhã, já se pode usar a água do filtro normalmente.

Existem outros processos simples para realizar a desinfecção da água. Um dos métodos mais antigos é a fervura, onde se recomenda que a água seja mantida sob fervura por cerca de 1 minuto ou mais, garantindo a inativação de bactérias, vírus e protozoários, como *Cryptosporidium* e *Giardia* (USEPA, 2006). Em relação à química, o efeito é contrário, havendo concentração dos elementos presentes na água, devido à evaporação de parte da água. A remoção dos contaminantes químicos pode ser feita por filtração contendo carvão ativado, após a água ter sido fervida e resfriada (RUSKIN, 2001b).

É freqüente a reclamação por parte dos usuários ao consumirem a água fervida. Isso porque há a perda de oxigênio, tornando a água “insípida”. Para solucionar esse problema recomenda-se a reoxigenação da água, seja por agitação com um talher ou trocando-se a água de recipientes sucessivamente, devendo todos os utensílios estar sempre muito limpos (USEPA, 2006).

Outro método barato e relativamente simples para tratamento da água é a desinfecção solar (ou SODIS, de acordo com o termo em inglês *Solar Disinfection*), onde a água de chuva permanece exposta ao sol durante algumas horas dentro de garrafas de polietileno (PET). A técnica tem como fundamento dois métodos de tratamento, agindo separada e sinergicamente: 1) o aquecimento da água e 2) a ação dos raios UV sobre a água, ambos capazes de inativar microrganismos (BURGESS, 2001). O tempo de exposição varia de acordo com o índice de irradiação solar do dia: quanto mais forte o sol estiver, menos horas são necessárias. Por garantia, recomenda-se que as garrafas permaneçam durante todo o dia sob o sol (no mínimo por 6 horas), retirando-as no fim do dia. A água deve ter baixa turbidez, pois quanto mais partículas em suspensão, menor a ação dos raios solares (SODIS, 2006).

Para aumentar a eficiência da radiação solar podem ser adotadas duas alternativas. Uma seria pintar parte da garrafa com tinta preta e deixá-la sobre uma superfície também pintada de preto, ou então deixar as garrafas sobre superfícies metalizadas – cobertas com papel alumínio, por exemplo, ou em cima de telhados com superfícies galvanizadas (apesar de esse tipo de material não ser recomendado para uso em sistemas de captação de água de chuva).

Tanto a cor preta quanto a superfície metalizada aumentam a ação dos raios solares, por absorverem calor emitido pelos raios UV (BURGESS, 2001; SODIS, 2006).

A desinfecção de água de chuva pela técnica SODIS não causa problemas no sabor da água, como no caso do cloro (erros na quantidade aplicada) ou no da água fervida (que se torna insípida).

Burgess (2001), em estudo para avaliar a eficiência do SODIS, testou vários tipos de água (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Análise comparativa de eficiência de tratamento do SODIS

Fonte de Água e Tipo	Água Bruta	Água Tratada por SODIS	Tempo de Exposição ao Sol
	Coliformes termotolerantes/100 mL		
Poço protegido	4-18	0-1	8 horas
Água de chuva em cisterna	0	0	8 horas
Nascente desprotegida (< 5 UT ⁽¹⁾)	8-15	0	8 horas
Nascente desprotegida (20 UT)	244	0	16 horas
Nascente desprotegida (20 UT)	175-500	0	8 horas

Fonte: adaptado de Burgess (2001).

(1) Unidade de turbidez.

Como pode ser observado, mesmo em casos em que há elevada turbidez e alta contaminação por coliformes termotolerantes, a desinfecção por SODIS foi capaz de remover totalmente os microrganismos. Nas amostras de água de chuva, não foi possível verificar a eficiência de tratamento, pois já não havia contaminação na amostra bruta.

3.2.3.4 Limpeza periódica da cisterna

Uma outra medida para melhoria da qualidade da água é a limpeza da cisterna, que deve ser feita anualmente, antes de se iniciar o período chuvoso. Mesmo com o uso de telas nas entradas, ainda sim há a passagem de pequenas partículas para a água, como poeira. Juntamente com as pequenas sujeiras, podem encontrar-se presentes microrganismos e contaminantes químicos, que seriam removidos apenas com o uso de filtros. No decorrer do tempo, as partículas em suspensão depositam-se no fundo da cisterna, produzindo um sedimento rico em matéria orgânica, metais e, provavelmente, microrganismos resistentes, altamente prejudiciais ao consumo humano.

O sedimento formado no fundo da cisterna pode comprometer a qualidade da água: no início de um período chuvoso e com a entrada de novo fluxo de água pode ocorrer a ressuspensão do sedimento, que possui matéria orgânica e pode afetar a eficácia do processo de desinfecção.

No entanto, em muitos casos a água das cisternas destina-se apenas para beber e cozinhar. Como o semi-árido brasileiro possui um índice pluviométrico maior que o de muitos países (em média 750 mm), nem sempre a cisterna esvazia o suficiente entre um período chuvoso e outro. Por receio de descartar a água restante e não chover o suficiente, muitos moradores não realizam a limpeza periódica da cisterna, como deveria ser normalmente feito. Uma medida para solucionar esse problema seria a construção da cisterna dividida em dois compartimentos, usando a água de cada um separadamente, o que torna possível a limpeza de um lado enquanto o outro está sendo utilizado. Essa configuração é usada em cisternas das Ilhas Virgens (SMITH *et al.*, 1999).

Todos esses procedimentos devem ser associados às atividades de educação sanitária e ambiental para a população interessada, de forma contínua e com informações de fácil assimilação, para que sejam incorporadas naturalmente à rotina dos usuários do sistema de captação de água de chuva.

3.3 Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas

A água das chuvas pode ter qualidade satisfatória para o consumo humano, dependendo da região onde é captada. As características da água de chuva estão diretamente relacionadas com a qualidade do ar da região, o material e a limpeza da superfície de captação, da calha e da tubulação que transporta a água até a cisterna, o estado de conservação da cisterna, assim como aos cuidados dos moradores com a manutenção do sistema e o manuseio da água (ANDRADE NETO, 2004).

Nos locais onde há elevada poluição atmosférica, seja por indústrias, tráfego intenso de automóveis ou agricultura, sua utilização deve ser restringida a destinos considerados “menos nobres”, por exemplo, irrigação de jardins. Tal nível de poluição ocorre com maior frequência em regiões urbanas ou áreas próximas a centros industriais.

Em zonas rurais os níveis de contaminação do ar geralmente são baixos, por não haver grande movimentação de automóveis e serem normalmente distantes de indústrias, portanto não há o comprometimento da qualidade da água a ser captada. Entretanto, em áreas onde a agricultura

é desenvolvida, corre-se o risco de contaminação atmosférica caso haja a aplicação de agrotóxicos e fertilizantes por aspersão.

Alguns estudos, no entanto, demonstraram que em relação aos fatores físico-químicos a contaminação da água de chuva nas zonas rurais é baixa, normalmente atendendo aos padrões de potabilidade de água para consumo humano. Os riscos no consumo da água estão mais associados à contaminação microbiológica, por depender tanto dos cuidados na captação/armazenamento quanto no manuseio correto (ANDRADE NETO, 2004).

3.3.1 Qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas

Geralmente as cisternas utilizadas para armazenamento de água de chuva são unifamiliares. Cada família tem os cuidados próprios com o seu sistema, portanto a qualidade da água de chuva armazenada pode variar de cisterna para cisterna. Em muitos casos, a água é consumida sem nenhuma forma de tratamento.

Devido à grande distância entre a zona rural e a sede do município, quando há casos de doenças de veiculação hídrica, como a diarreia, não é possível recorrer imediatamente ao sistema de saúde municipal. Os sintomas são tratados, em geral, pela própria família, não havendo, portanto, conhecimento de qual era a doença e o que a causou. Assim, não há notificação desses casos e, como consequência, não se tem muita noção da existência ou não de casos de doenças relacionadas ao consumo de água de chuva.

Koplan *et al.* (1978, *apud* Gould, 1999) relataram, provavelmente, o primeiro caso documentado de um surto de doença gastrointestinal relacionado ao consumo de água de chuva. Aproximadamente 60 pessoas, a maioria delas com idade variando entre 5 e 19 anos, apresentaram sintomas como diarreia, dor de cabeça, febre e vômitos. Pelos sintomas, acredita-se que se tratava de *Salmonella arechevalata*, encontrada em fezes de animais e aves, que podem ter entrado na cisterna juntamente com outras impurezas carregadas pela chuva.

Gould (1999) cita outros três estudos em que foram encontradas ligações entre o consumo de água de chuva e a ocorrência de surtos de outras doenças:

- Simmons e Smith (1997): salmonelose na Nova Zelândia;
- Brodribb *et al.* (1995): campilobacteriose na Austrália; e
- Lester (1992): giardíase e criptosporidiose na Austrália.

Heyworth e Rowe (2005) realizaram um estudo epidemiológico na zona rural do sul da Austrália com 1.016 crianças, entre 4 e 6 anos de idade, para verificar o risco de ocorrência de gastroenterites pelo consumo de água de chuva armazenada em cisternas, comparado ao consumo de água fornecida pelo sistema de abastecimento público.

Das crianças incluídas no estudo de Heyworth e Rowe (2005), 965 atenderam a todos os componentes da pesquisa: 1) residir em zona rural do sul da Austrália ou nas Colinas Adelaide; 2) consumir prioritariamente a água do sistema de abastecimento público, que tenha sido filtrada e desinfetada, ou de cisternas localizadas acima do solo; e 3) não ter apresentado doenças contínuas ou passado por tratamento que levasse a sintomas gastrintestinais. A maior parte das crianças que consumiam água de chuva (98%) já o fazia há mais de um ano.

No período de seis semanas da pesquisa, ocorreram 524 episódios de sintomas gastrintestinais, com uma taxa de incidência de 5,5 episódios/criança.ano⁻¹. Por outro lado, não foi verificada a associação entre o consumo de água de chuva e o aumento do risco de ocorrência de gastroenterite entre as crianças, comparadas às que consomem prioritariamente a água de abastecimento público. De acordo com Heyworth e Rowe (2005), a baixa taxa de incidência entre as crianças consumidoras de água de chuva seria devido à imunidade adquirida pelo longo tempo de consumo, todavia os próprios autores reconhecem que mais estudos deveriam ser realizados para afirmar essa hipótese.

Apesar de serem esses casos isolados, já é possível verificar os riscos aos quais as pessoas podem estar expostas ao consumir água de chuva coletada e armazenada de forma inadequada. Mesmo que casos de doenças não sejam globalmente relatados, estudos que avaliaram a qualidade microbiológica da água já ilustram os riscos de ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

Simmons *et al.* (2001) analisaram parâmetros microbiológicos da água de chuva armazenada em 125 cisternas localizadas na zona rural de Auckland, Nova Zelândia. As amostras foram coletadas de torneiras localizadas no interior das residências, e caso houvesse equipamentos, como filtros ou aquecedores de água agregados às torneiras, esses eram removidos, ou então procurava-se outra torneira representativa. Das 125 amostras analisadas, 56% apresentaram valores maiores que 1 coliforme termotolerante (“fecais”)/100 mL. Foram detectados também microrganismos patogênicos, como *Salmonella* (em uma cisterna) e *Cryptosporidium* (em duas cisternas).

Também foram encontrados organismos patogênicos em água pluvial armazenada em cisterna em estudo realizado nas Ilhas Virgens, EUA, comparando cisternas privadas e públicas. Os pesquisadores detectaram amostras positivas para *Cryptosporidium* e *Giardia* em 48 e 26% delas, respectivamente, sendo a média de organismos encontrados de 2,41 oocistos (variando de 1 a 70,29 oocistos) de *Cryptosporidium*/100 L e 1,09 cistos (1 a 3,79 cistos) de *Giardia*/100 L (CRABTREE *et al.*, 1996). Apesar de os valores serem relativamente baixos, a preocupação é a baixa dose infectante de ambos organismos, pois apenas 1 (cisto ou oocisto) seria capaz de causar infecção em um indivíduo saudável.

Brito *et al.* (2005a) analisaram 60 cisternas localizadas em comunidade rural de Petrolina - PE. Foi constatada a presença de coliformes termotolerantes em 73% delas. No entanto, constatou-se que as águas armazenadas em cisternas não eram exclusivamente de fonte pluvial. Cerca de 70% eram também abastecidas por carro-pipa, sendo a principal fonte os açudes locais (58%). Apesar de ser recomendado que as cisternas sejam exclusivas para água de chuva, praticamente toda a população da comunidade diz que a água não é suficiente para suprir as necessidades familiares em períodos de seca prolongada. Portanto, a contaminação encontrada não deve ser erroneamente considerada como da água de chuva, visto que a outra opção de fonte de abastecimento das cisternas é de origem não-confiável.

Mesmo em lugares onde não há baixos índices pluviométricos, como nas Ilhas Maldivas, a captação de água de chuva para consumo humano é bastante comum e importante para os habitantes. Nesse arquipélago, formado por 1.900 ilhotas de corais, a precipitação média anual é de 1.980 mm, bem distribuída no decorrer do ano, com apenas dois meses com pouca chuva. A umidade relativa é de 80%, e a temperatura média é de 28°C. No entanto, existem poucos mananciais disponíveis, devendo-se ressaltar que a maior parte da água encontra-se confinada em um aquífero, altamente contaminado. Apenas na capital, Male, a população é abastecida com água desalinizada (REPUBLIC OF MALDIVES, 2005).

Os habitantes então recorrem à água de chuva, armazenada em tanques, privados ou comunitários, de ferrocimento, fibra de vidro ou polietileno de alta densidade. A captação de águas pluviais é praticada há séculos na região, porém nem sempre são realizados processos de desinfecção. A cloração é rejeitada pelo fato de os habitantes considerarem que pode causar gosto desagradável à água (REPUBLIC OF MALDIVES, 2005).

Autoridades de água e saneamento das ilhas da República Maldiva (REPUBLIC OF MALDIVES, 2005) fizeram então uma pesquisa para verificar a qualidade da água de chuva

consumida pelos seus habitantes. Foram analisadas 20 cisternas particulares. Das amostras, 45% apresentaram indicadores de material fecal (coliformes “fecais”).

O resultado das análises foi relacionado com a presença de animais que têm contato com os telhados, como gatos e pássaros. Devido à aglomeração crescente na ilha, as casas tornaram-se mais próximas, facilitando o acesso desses animais. Também foi verificado nessa pesquisa que apenas 15% das famílias tratavam a água antes de consumi-la. Não foram constatados casos de diarreia nos três meses anteriores à pesquisa, o que pode ser considerado um fator positivo para o consumo de água de chuva (REPUBLIC OF MALDIVES, 2005).

Para Pinfold *et al.* (1993), a água de chuva é considerada como “mais pura que as águas das outras fontes alternativas”. Em duas comunidades rurais no nordeste da Tailândia, é comum o uso de jarras de barro, com capacidade para até 2L, para armazenar água de chuva para consumo humano direto, tendo como outras fontes de abastecimento poços rasos, lagoas e água canalizada, mais voltadas para outros usos domésticos.

Analisando as fontes usadas pela população, Pinfold *et al.* (1993) constataram que 60% das amostras de águas de chuva armazenadas em jarras de barro não apresentavam contaminação por *E. coli*, enquanto esse valor foi de apenas 46% para as outras fontes. Isto é, a água de chuva, apesar de apresentar contaminação em 40% das amostras, possui qualidade superior à das outras fontes anteriormente utilizadas pela população. Alegou-se que a fonte de contaminação da água de chuva deu-se prioritariamente em jarras em que não havia proteção adequada nas tubulações, tornando possível a passagem de pequenos lagartos. Embora sejam animais pecilotérmicos, suas fezes também contêm *E. coli* e estreptococos fecais, porém em menor quantidade, por não serem hospedeiros dos microrganismos e sim “transportadores” (PINFOLD *et al.*, 1993).

Assim como para Pinfold *et al.* (1993), Blackburn *et al.* (2005) também consideram a água de chuva armazenada em cisternas como a fonte mais confiável dentre as disponíveis no meio rural. Os autores analisaram microbiologicamente amostras de água de chuva armazenadas em cisternas de placas (brutas e tratadas com cloro), comparando-as com amostras de outros tipos de fontes de água utilizados no meio rural (água subterrânea – cacimba e cacimbão; açude, poço tubular profundo e barreiro), de três municípios de Pernambuco e dois do Rio Grande do Norte. Blackburn *et al.* (2005) verificaram que, apesar de terem apresentado altos valores de contaminação microbiológica, as amostras da água de chuva (brutas) armazenadas

em cisternas demonstraram ser a fonte utilizada com menor índice de contaminação, principalmente quando devidamente clorada, havendo a ausência de *E.coli*.

Simmons e Heyworth (1999) afirmaram que a água de chuva armazenada em cisternas possui qualidade superior e oferece menos riscos que as fontes alternativas. Para esses autores, a avaliação de risco microbiológico associado à água de chuva deve incluir o número de patógenos presente, a habilidade desses organismos em crescer e sobreviver, a extensão da exposição individual e a medição de resultados de saúde. Como estão mais expostas a contatos com material fecal de humanos e animais do que a água de chuva armazenada em cisternas, as outras fontes alternativas podem ser mais suscetíveis à maior contaminação por patógenos, podendo esses sobreviver e multiplicar quando o ambiente é favorável. Quando devidamente protegidas, as cisternas podem armazenar água de chuva com qualidade totalmente adequada ao consumo humano, sem riscos à saúde.

3.3.2 Qualidade físico-química da água de chuva armazenada em cisternas

Existem poucos estudos relacionados com as alterações que podem ocorrer durante seu armazenamento. Geralmente a água de chuva possui pH relativamente baixo, podendo ser encontrados valores tão reduzidos como 3,15, com médias em torno de 5 (WU *et al.*, 2003; BASAK e ALGAGHA, 2004). Como consequência do baixo pH característico, a água de chuva tende a apresentar certa corrosividade e dissolver metais presentes na estrutura de captação e armazenagem, que podem ser potencialmente prejudiciais à saúde.

Alguns desses metais, como o alumínio, o sódio e o ferro, presentes na composição do cimento constituinte da argamassa, alteram apenas o sabor da água, dependendo da concentração presente, não representando riscos potenciais à saúde. Por isso compõem o padrão de aceitação para consumo humano da Portaria 518/2004 (BRASIL, 2004a).

A preocupação existe principalmente em relação à presença de metais pesados, que também podem estar presentes na constituição do cimento, na estrutura de captação da água de chuva ou em resíduos depositados na superfície de captação. Os problemas relacionados ao consumo de água com metais pesados podem ocorrer a longo prazo. O chumbo, por exemplo, possui capacidade acumulativa no organismo, podendo causar danos ao sistema nervoso central, sendo as crianças e os fetos de particular vulnerabilidade (WHO, 2004).

Outro metal que pode estar presente na água de chuva armazenada em cisternas é o alumínio. Esse metal pode aparecer no sistema de captação como componente do cimento, mas também

por ser um elemento de elevada distribuição na costa terrestre (WHO, 2004). Em relação aos riscos à saúde, existem alguns trabalhos que citam o alumínio como causador de doença para o ser humano. Já foram realizados vários estudos epidemiológicos relacionando a presença de alumínio na água de abastecimento com o Mal de Alzheimer. Essa é uma doença neurológica responsável por 60% dos casos de demência em idosos e a quarta causa de morte nos mesmos. O Mal de Alzheimer tem sido mais relacionado ao conteúdo de alumínio presente em alimentos, porém já existem trabalhos que comprovam a existência de uma relação entre a presença de alumínio na água e a ocorrência da doença. De 13 desses estudos, nove apresentaram uma associação positiva (FLATEN, 2001). De acordo com o *Guidelines for Drinking-water Quality* (WHO, 2004), a relação entre o consumo de alumínio e a ocorrência do Mal de Alzheimer não deve ser completamente descartada. No entanto, ainda não há provas concretas que comprovem a existência de relação positiva. Sabe-se que a absorção de alumínio por humanos é baixa, depende de vários fatores (forma administrada, pH, biodisponibilidade e fatores dietéticos) e a contribuição do metal na dose total diária normalmente não ultrapassa 5% (WHO, 2004).

Como não existe comprovação de que o alumínio é o causador do Mal de Alzheimer, esse metal ainda não foi amplamente abordado em pesquisas sobre água de chuva armazenada em cisternas. Em estudo realizado por Cardoso *et al.* (2005), onde foram analisadas 16 cisternas localizadas em Araçuaí-MG, foram detectados níveis de alumínio seis vezes superiores ao Valor Máximo Permitido pela legislação (0,2 mg/L), principalmente em cisternas com apenas um ano de uso.

Chang *et al.* (2004) analisaram alumínio, dentre vários outros metais, comparando quatro composições de telhados (telhas de madeira, alumínio, aço galvanizado e telha *composition*) com o padrão da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). Não houve variação significativa na qualidade da água captada pelos diferentes tipos de telhados, estando todas de acordo com o padrão (<0,750 mg/L).

Já em relação a metais pesados, os resultados do estudo de Chang *et al.* (2004) foram bastante diferentes. Tanto o zinco quanto o cobre ultrapassaram os padrões de qualidade em 100 e 60% das vezes, respectivamente, para todos os tipos de telhado. Para o chumbo, a maior incidência de valores que ultrapassaram os padrões da USEPA foi para telhados de aço galvanizado, no entanto todos os telhados também apresentaram valores elevados. Para explicar esses resultados, deve ser ressaltado que a região estudada está próxima a várias indústrias

altamente poluidoras, como indústrias de fertilizantes, papel, aço, serralherias, localizadas a uma distância de apenas 20 km.

Em relação ao chumbo, existe uma gama de pesquisas em que esse metal foi detectado em valores superiores ao limite estabelecido em normas de qualidade da água. Em estudo realizado na zona rural do oeste da Pensilvânia, Sharpe e Young (1982) analisaram a água de chuva e o sedimento formado no fundo em 40 cisternas para verificar a ocorrência de metais tóxicos, como chumbo, cádmio e cobre. Acreditava-se que as superfícies de captação poderiam estar recebendo poluentes atmosféricos de áreas vizinhas. Todos os sistemas possuíam pelo menos uma forma de tratamento da água, como filtros de areia e pedra, desinfecção periódica, ou filtro de carvão para retirada de sabor e odor.

Das amostras de água analisadas pelos autores, foram encontradas elevadas concentrações de chumbo (50 µg/L). Se fosse considerado o padrão de potabilidade brasileiro (BRASIL, 2004a), cujo Valor Máximo Permitido é de 10 µg/L (0,01 mg/L), o valor encontrado seria cinco vezes superior ao que é admitido no Brasil na água destinada ao consumo humano.

Em relação às análises de sedimento das cisternas, houve a detecção de concentrações de chumbo (70%) e cádmio (15%) em quantidades superiores aos padrões de potabilidade locais (50 e 10 µg/L, respectivamente) em pelo menos uma ou mais ocasiões.

3.3.3 Legislação relacionada à qualidade da água de chuva

Não se tem conhecimento da existência de legislação específica relacionada à água de chuva destinada ao consumo humano. Ela pode ser considerada como solução alternativa individual, como é estabelecido na definição da Portaria 518 (BRASIL, 2004a). Conseqüentemente, a água de chuva armazenada em cisternas deve atender a todos os parâmetros (microbiológicos e físico-químicos) exigidos pela legislação em questão. Por ser um sistema normalmente individual, onde não há monitoramento do tratamento da água como ocorre no abastecimento público, e a qualidade da água captada e armazenada estar ligada a fatores ambientais, podendo ser contaminada de diversas formas, a Portaria 518 (BRASIL, 2004a) pode tornar-se um tanto quanto rígida em relação aos padrões microbiológicos para o sistema de captação de água de chuva.

Os parâmetros exigidos pela Portaria 518 (BRASIL, 2004a) são de coliformes totais, coliformes termotolerantes, ou *Escherichia coli*. Numericamente, as amostras de água de fontes alternativas destinadas ao consumo humano podem ter a presença de coliformes totais,

desde que haja a ausência de *E.coli*/100 mL, devendo ser pesquisada a origem da ocorrência da provável contaminação e providenciar as medidas corretivas e preventivas (BRASIL, 2005c).

Entretanto, pela forma como a água de chuva é captada e armazenada, a ausência de *E. coli* não ocorre com muita frequência. A aplicação de padrões de potabilidade utilizados para a água de sistemas de abastecimento condenaria essa forma alternativa de abastecimento, considerando-a sempre como “inadequada para o consumo humano”.

Por existir uma ampla discussão a respeito do assunto, um novo padrão de *E.coli* exclusivo para água de chuva (Tabela 3.3) foi sugerido por estudiosos no assunto, após um encontro técnico (KRISHNA, 1993).

Tabela 3.3 – Classificação proposta por Krishna (1993) para avaliação da qualidade da água de chuva destinada ao consumo humano

Classificação	<i>E.coli</i> NMP/100 mL	Observação
Classe I	0	Situação ideal, porém de difícil alcance.
Classe II	1-10	Limite de aceitação para consumo humano.
Classe III	>10	Qualidade inaceitável.

Fonte: adaptado de Krishna (1993).

Assim como a Portaria 518 (BRASIL, 2004a), a classificação sugerida por Krishna (1993) considera também como situação ideal para o consumo humano a ausência do indicador de contaminação fecal (*E.coli*) na amostra. Entretanto, essa situação não é muito fácil de ser atendida, devido às características do sistema de captação e armazenamento, já citadas anteriormente. A classe II, sugerida pelo autor, considera como aceitável detectar até 10 *E. coli* por 100 mL de água. Foi considerado na elaboração do padrão, dentre vários outros fatores, que os valores estabelecidos na classificação sugerida para a água de chuva destinada ao consumo humano devem ser aqueles possíveis de serem alcançados na prática, não os que seriam avaliados como ideais.

Ao tornar aceitável a detecção de até 10 *E.coli* em 100 mL de uma amostra de água de chuva destinada ao consumo humano, como é proposto por Krishna (1993), pode-se afirmar com toda certeza que existe a contaminação fecal na água e, portanto, essa não deveria ser ingerida sem um tratamento adequado. A partir do momento que a água de chuva está comprovadamente contaminada com material fecal, ela pode ter, além da *E.coli*, vários outros microrganismos, inclusive patogênicos, representando um elevado risco para a saúde ao ser ingerida.

O valor estabelecido na classe II de Krishna (1993), apesar de estar acima do que é recomendado por padrões de potabilidade, onde se estabelece a ausência de *E.coli*, pode ser considerado muito inferior ao que é encontrado em outras fontes alternativas. Comparando com essas, menos amostras de água de chuva armazenada em cisternas seriam consideradas “inadequadas” ao consumo humano. No entanto, o próprio autor considera que a água de chuva armazenada em cisternas, assim como outras fontes destinadas ao consumo humano, deve passar por desinfecção, geralmente a cloração, antes de serem consumidas (KRISHNA, 1993).

3.4 Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)

Há muitos anos, a população do semi-árido tem buscado meios de lidar com a grave escassez hídrica com a qual é obrigada a conviver. Porém, foi necessário que essa população atingida se organizasse para que houvesse resultados consolidados e positivos.

Em 2000 e 2001, organizações comunitárias formaram uma coalizão com a Articulação no Semi-Árido (ASA) para buscar meios de garantir água para a população residente na região semi-árida brasileira. Essas organizações são formadas por mais de 750 entidades da sociedade civil, como Igrejas Católicas e Evangélicas, organizações não-governamentais (ONGs) de desenvolvimento social e ambientalistas, sindicatos e federações de trabalhadores rurais, movimentos sociais e organismos de cooperações nacionais e internacionais, públicos e privados (FOME ZERO, 2004).

Através dessa aliança, criou-se o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC. Esse programa tem como objetivo principal a construção de 1 milhão de cisternas, procurando beneficiar aproximadamente 5 milhões de pessoas que convivem com o problema da escassez de água.

No entanto, essa é apenas uma das metas a ser cumprida pelo programa. O trabalho de construção das cisternas surge como etapa final de um longo processo. Pretende-se com o projeto, através de educação ambiental das comunidades, contribuir para a transformação social, melhorando a qualidade de vida de várias pessoas que convivem com o semi-árido, fazendo com que haja a preservação, o acesso, o gerenciamento e a valorização da água, ampliando a compreensão e a prática da convivência sustentável e solidária com problemas relacionados ao clima semi-árido.

Para iniciar o projeto, buscou-se realizar convênios com órgãos públicos, como a Agência Nacional da Água (ANA) e o Ministério do Meio Ambiente, havendo a adesão posterior de outros parceiros, como o Banco Mundial (BM) e a Comunidade Solidária.

Foram selecionados alguns princípios norteadores para a realização do P1MC, apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.4 – Princípios norteadores para execução do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)

Princípios Norteadores	Ação
Gestão Compartilhada	O programa é concebido, executado e gerido pela sociedade civil organizada na ASA.
Parceria	Busca de parcerias para a execução do programa (governo, empresas, ONGs etc.), a partir de critérios preestabelecidos.
Descentralização e Participação	Execução do programa através de uma articulação em rede, segundo os princípios de descentralização e participação.
Mobilização	A natureza do Programa é de mobilização social e fortalecimento institucional para a convivência com o semi-árido brasileiro.
Educação-cidadã	O Programa busca a educação-cidadã que situa criticamente a realidade histórico-cultural, visando a convivência com o semi-árido brasileiro.
Direito Social	Afirmar os direitos da população de acesso e gestão dos recursos hídricos.
Desenvolvimento Sustentável	Afirmar a viabilidade do semi-árido, desmistificando a fatalidade da seca.
Fortalecimento Social	O Programa deve ser uma ferramenta de fortalecimento e consolidação dos movimentos sociais.
Emancipação (organismos de elevada resistência)	O Programa busca a construção de uma nova cultura política, rompendo com a dominação secular das elites sobre o povo, a partir do controle da água.

Fonte: FEBRABAN (2003).

O P1MC traz um aspecto interessante e de grande importância para sua realização: a constante participação da população. Independentemente da escolaridade, qualquer tipo de experiência, conhecimento e opinião são levados em consideração nas reuniões realizadas na implementação do P1MC. As reuniões são conduzidas em linguagem de fácil entendimento para todos os participantes, de forma processual e contínua, e são focalizadas nos objetivos do programa (BARBOSA, 2005).

Juntamente com as Unidades Gestoras (entidades responsáveis pela administração e pelo repasse para as organizações executoras dos recursos disponíveis para a realização do programa), os participantes atuam nas tomadas de decisões, como a escolha das famílias a receberem primeiro as cisternas (BARBOSA, 2005).

Com quatro anos de existência, o P1MC já havia atingido os seguintes resultados até o final de junho de 2005 (BARBOSA, 2005):

- 97,3 mil famílias mobilizadas;
- 87,3 mil famílias capacitadas;
- 2,8 mil pedreiros (as) formados; e
- 85,6 mil cisternas construídas.

O Programa ainda tem um longo caminho a percorrer, pois possui como meta construir e consolidar o P1+2 (Programa Uma Terra e Duas Águas) no País, muito utilizado na China. O nome desse programa se deve ao fato de ser constituído de três partes distintas e complementares: uma área de captação (de 100 m²), duas cisternas para armazenamento de água de chuva e uma área a ser irrigada, com 700 m². Uma das cisternas é voltada apenas para uso doméstico, enquanto a outra é usada para irrigação de culturas comercializáveis. (GNADLINGER, 2001b).

Essa iniciativa visa, além de suprir a necessidade de água durante a seca, tornar possível a agricultura em locais com elevado déficit hídrico, que pode ser mais uma fonte de renda para a população.

Tabela 4.1 – População total aproximada dos municípios do Médio Jequitinhonha

Município	População em 2000
Águas Vermelhas	11.878
Araçuaí	35.713
Berilo	12.979
Cachoeira do Pajeú	8.523
Carai	20.981
Comercinho	10.204
Coronel Murta	9.134
Francisco Badaró	10.309
Itaobim	21.271
Itinga	13.894
Jenipapo de Minas	6.490
José Gonçalves de Minas	4.696
Medina	21.641
Novo Cruzeiro	30.453
Padre Paraíso	17.475
Pedra Azul	23.608
Ponto dos Volantes	10.529
Virgem da Lapa	13.672
Total	283.450

Fonte: IBGE (2000) e BRASIL (2005b).

Porém, nesse mesmo relatório, o clima semi-árido também pode ser definido como áreas onde há déficit hídrico em pelo menos 60% do tempo. Nessa região, a evapotranspiração média é de aproximadamente 1.450 mm (OLIVEIRA *et al.*, 2002) e o déficit hídrico anual é de cerca de 700 mm, isto é, há um elevado déficit hídrico, portanto sob este prisma o Médio Jequitinhonha pode ser considerado como pertencente à região semi-árida.

Pelo Relatório Interministerial de Redelimitação da Região Semi-Árida (BRASIL, 2005b), após a nova definição, cerca de 50 municípios mineiros foram incluídos como pertencentes a essa região, perfazendo aproximadamente 52% do Estado.

No que diz respeito ao desenvolvimento e à qualidade de vida da região, o Médio Jequitinhonha possui o menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Minas Gerais, com valores tão baixos quanto o de países considerados como os mais pobres do mundo, como Índia e Camboja (Figuras 4.2 e 4.3).

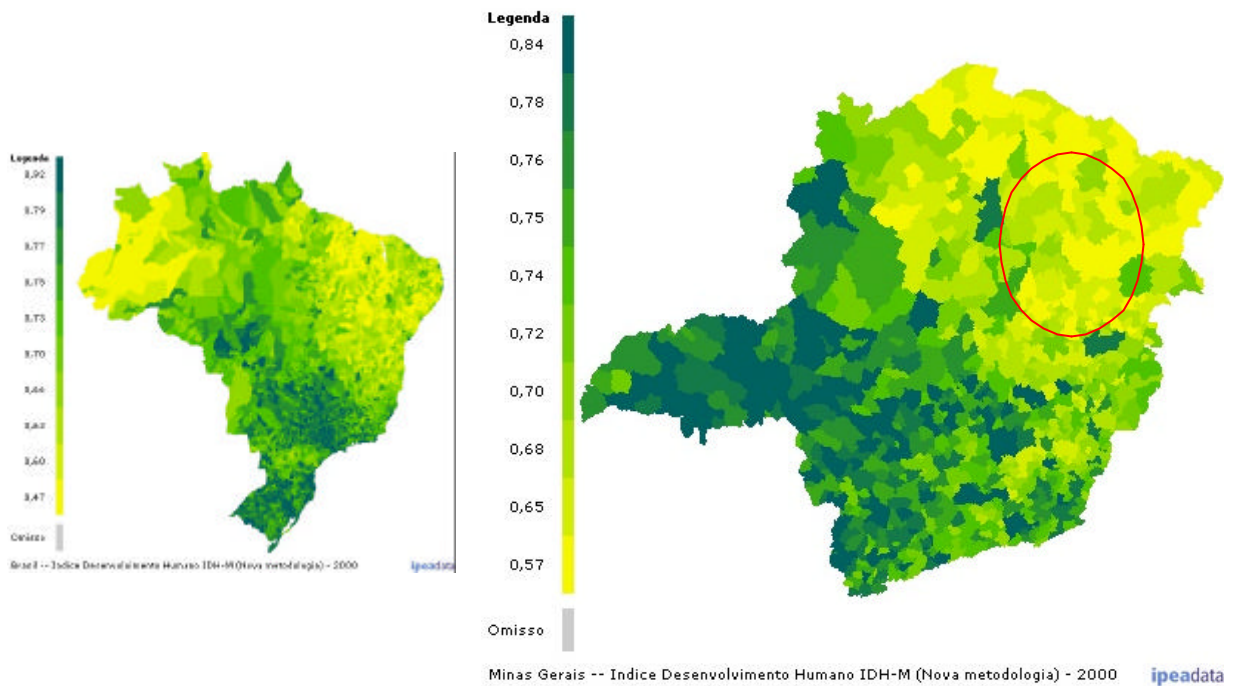


Figura 4.2 – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em Minas Gerais.

Fonte: adaptado de IPEA (2005).

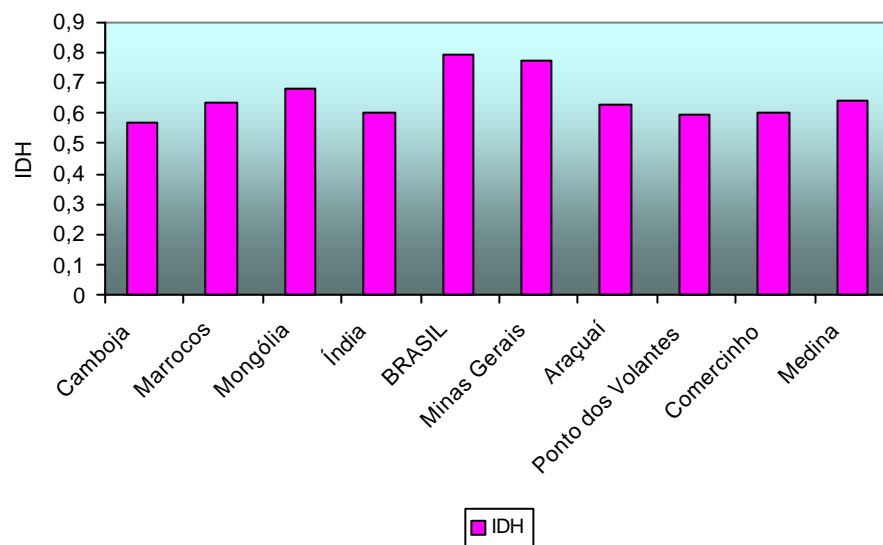


Figura 4.3 – Índice de Desenvolvimento Humano de municípios do Médio Jequitinhonha, comparado ao de países considerados os mais pobres do mundo.

Fonte: adaptado de IPEA (2005); e de WIKIPEDIA (2006).

De acordo com a “Carta de Almenara”, resultante do Seminário Regional realizado em 1994, a taxa de mortalidade infantil nessa região é de cerca de 80 mortes para cada 1.000 nascidos vivos. O número de médicos disponíveis na região é dez vezes menor do que no restante do Estado e o saneamento básico é precário, com cerca de 50% dos domicílios sem água encanada e 85% sem esgoto sanitário (LIMA *et al.*, 2003).

O município de Araçuaí, localizado a 630 km de Belo Horizonte, é o maior do Médio Jequitinhonha, com 2.236 km² (12,2%) da extensão total, distribuídos em 66 comunidades. Por seu elevado índice de urbanização (57%) e por oferecer vários serviços, é o pólo de vários municípios na região (PEREIRA *et al.*, 2003). Suas principais atividades estão ligadas à agricultura (manga, mamão e cana-de-açúcar), à mineração, ao artesanato e, mais recentemente, ao turismo (IBGE, 2000).

Práticas incorretas na agricultura levaram a uma gradual degradação e erosão do solo, gerando, conseqüentemente, o assoreamento dos córregos, a perda da qualidade e quantidade de água disponível. Em alguns locais, já podem ser verificados indícios de desertificação (LIMA *et al.*, 2003).

Araçuaí possui um clima normalmente seco e quente, com médias térmicas em torno de 25,8 °C, chuvas concentradas em apenas três meses do ano (de novembro a janeiro) e uma longa estação de deficiência hídrica no período de agosto a novembro. O índice pluviométrico é baixo, conforme ressaltado por Nimer (1989, *apud* PEREIRA *et al.*, 2003):

... o regime hídrico sazonal de Araçuaí é representativo das partes baixas, de todo o médio curso do vale do rio Jequitinhonha. A alta taxa de evapotranspiração potencial durante todo o ano e a pouca freqüência de chuvas durante sete a nove meses fazem com que o médio Jequitinhonha seja uma região com totais anuais de chuva (831 mm em média), quase sempre inferiores à necessidade ambiental de água (1.264 mm), havendo, portanto, um déficit pluviométrico de 433 mm em média.

Metade da população reside na zona rural, em áreas muitas vezes distantes da sede do município e de difícil acesso devido à precariedade das estradas (CPCD, 2005).

A escolha de Araçuaí, dentre os municípios localizados no Médio Jequitinhonha, foi principalmente por causa do seu baixo IDH (0,687), assim como da existência de cisternas destinadas exclusivamente ao armazenamento de água de chuva para consumo humano.

Além disso, após contato com alguns municípios da região, Araçuaí foi o que mais rápido e positivamente finalizou em possibilidades de apoio à pesquisa, convertida na disponibilização de carro e funcionário para coleta das amostras.

Em relação à escolha das comunidades, o quesito principal foi a distância. Existem comunidades muito distantes da sede do município, o que dificulta o acesso. As estradas ainda são de terra, em estado precário de conservação, dificultando a acessibilidade, principalmente em período de chuva. Decidiu-se por escolher comunidades próximas da sede, para facilitar o

acesso e reduzir o tempo de coleta. Muitos ensaios realizados requerem um prazo máximo de 24 horas para serem analisados; computando o tempo de coleta das amostras na zona rural e de transporte das amostras para Belo Horizonte (12 horas), o período máximo de análise poderia ser ultrapassado.

Outro quesito de escolha foi a existência, em uma mesma comunidade, e próximas umas das outras, de cisternas “novas”, ou seja, aquelas que estavam armazenando água de chuva pela primeira vez (no período chuvoso de 2005), e “antigas”, que estavam armazenando mais de dois ciclos de chuva. As cisternas deviam ter uso exclusivo para armazenagem de água de chuva.

No entanto, após visitas a várias comunidades, constatou-se que isso não seria possível, devido às distâncias entre as casas, inclusive as de uma mesma comunidade, sendo necessário o uso de carro para se deslocar entre as residências. Como não foi possível encontrar uma única comunidade com os requisitos necessários, optou-se por trabalhar com duas comunidades. Dentre as várias visitadas, as mais próximas foram Lagoa dos Patos e Coruto.

Dois grupos foram selecionados: oito cisternas de placas “novas” (cisternas 1 a 8) e oito “antigas” (cisternas 9 a 16), totalizando 16, devendo ser ressaltado que na primeira comunidade (Lagoa dos Patos) foram analisadas duas antigas e oito novas, e na segunda (Coruto), seis cisternas antigas.

Deve-se ressaltar que esse número não surgiu de uma amostragem estatística. A princípio, resolveu-se partir de 16 cisternas, com o intuito de modificá-lo posteriormente, caso fosse necessário e viável. Entretanto, no decorrer da seleção das comunidades, verificou-se a dificuldade de encontrar cisternas nas comunidades próximas umas das outras e que a duração da coleta era longa, pois eram realizadas análises *in loco*, como a medição de pH e cloro, demandando muito tempo.

Além disso, ao serem iniciadas as análises laboratoriais, constatou-se que a infra-estrutura existente no laboratório de microbiologia não poderia incorporar um aumento de amostras, pelo tempo demandado no preparo dos materiais e na realização das análises, o que acabaria por ultrapassar as 24 horas máximas recomendadas pelo *Standard Methods* para análises microbiológicas (APHA, 1998).

Escolhidas as cisternas e as comunidades, realizou-se uma análise visual de cada sistema de captação de água de chuva, verificando o estado de conservação e os aspectos construtivos

(local de construção, aspectos da tampa e da localização do extravasor); além disso, fez-se uma entrevista informal com os usuários, verificando a noção que possuíam sobre os cuidados com a captação e o armazenamento da água de chuva. Por exemplo, foi questionado se realizavam desvio da primeira chuva, se a cisterna era lavada anualmente, como era feita a retirada da água (balde ou bomba), se era realizada a cloração e qual a quantidade de cloro/água sanitária eventualmente aplicada.

4.2 Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento das amostras de água de chuva teve início em abril (metais) e agosto (microbiologia e físico-química) de 2005 e foi realizado até fevereiro de 2006, procurando incluir períodos de seca e de chuva nas coletas. A coleta foi realizada periodicamente por dois funcionários da Secretaria Municipal de Saúde de Araçuaí, no período da tarde, para garantir que as amostras fossem analisadas no período da manhã do dia seguinte, ou seja, antes de completar as 24 horas de coleta.

Os dois funcionários foram escolhidos por terem demonstrado interesse e por possuírem bom nível de instrução e facilidade de comunicação, inclusive com a população-alvo da pesquisa. Foi realizado um treinamento com ambos os funcionários no que diz respeito aos cuidados que devem ser tomados durante a coleta das amostras, principalmente quando relacionados às análises microbiológicas (Figura 4.4) e a medição, leitura e cuidados com o medidor de pH e de cloro. Periodicamente, a pesquisadora responsável pelo projeto participava das coletas, para verificar como estava sendo realizado todo o processo, e, caso necessário, corrigindo os erros.



Figura 4.4 – Funcionário da Secretaria Municipal de Saúde de Araçuaí no momento da coleta de amostra.

Como as comunidades são afastadas umas das outras, não foi possível coletar todas as amostras em um mesmo dia. Portanto, as coletas foram divididas em duas etapas, intercalando as comunidades, quinzenalmente: em uma semana eram analisadas as dez cisternas pertencentes à comunidade Lagoa dos Patos; e uma semana depois, as seis cisternas da comunidade Coruto.

4.2.1 Análise visual das cisternas

4.2.1.1 Cisternas monitoradas

Durante o período de escolha das cisternas e de monitoramento da água de chuva de ambas as comunidades escolhidas foi realizada uma análise visual das cisternas, procurando avaliar o estado de conservação de todo o sistema (presença de fendas e, ou, rachaduras). Em conversas freqüentes com os usuários dos sistemas monitorados, buscou-se também verificar os procedimentos adotados na manutenção da qualidade da água, como limpeza do telhado antes do período chuvoso, desvio da primeira água, modo de retirada, desinfecção da água e limpeza periódica da cisterna, assim como a existência de crenças locais.

Os dados obtidos na análise visual das cisternas foram utilizados para explicar a qualidade da água de chuva armazenada nas cisternas monitoradas no período da pesquisa.

4.2.2.2 Cisternas cadastradas

Entre os dias 20 e 29 de julho de 2005 foi realizado o cadastro das cisternas localizadas na zona rural de Araçuaí, por alunos bolsistas e voluntários do Projeto FUNASA/UFMG. O objetivo inicial era saber quantas cisternas já tinham sido construídas no município, como também verificar quais os problemas mais comuns que podem surgir em um sistema de captação de água de chuva, tentando achar meios para solucioná-los.

Durante as visitas foi aplicado um questionário (APÊNDICE A), no qual constavam perguntas a respeito do processo construtivo das cisternas, do descarte da primeira água e da realização da etapa de desinfecção. Após as entrevistas, os alunos fizeram uma inspeção visual das cisternas, verificando o estado de conservação e a característica física da água (cor, presença de partículas, animais ou algas). Também foi analisada a percepção pessoal da comunidade em relação à melhoria da vida após a construção das cisternas, em relação à redução do número de doenças de veiculação hídrica.

Os alunos voluntários também realizaram uma campanha educacional junto às famílias, passando informações sobre os cuidados com a água. Nesse período, programas foram

realizados na rádio local, enfatizando as informações passadas no cadastro, além de noções de higiene pessoal e saúde da mulher.

O PIMC tem como meta construir 1 milhão de cisternas no semi-árido brasileiro. Esse cadastro busca contribuir com o banco de dados sobre o assunto, para contornar os problemas que, por ventura, possam surgir em nível nacional.

4.2.2 Parâmetros microbiológicos

Os parâmetros microbiológicos analisados foram coliformes totais e *Escherichia coli*, contagem heterotrófica, estreptococos fecais e *Clostridium perfringens*.

4.2.2.1 Coliformes totais e *Escherichia coli*

Os coliformes totais e a *E.coli* são os microrganismos mais utilizados para indicar a qualidade microbiológica da água. Os coliformes totais possuem representantes de vida livre e capazes de se reproduzirem no meio ambiente, portanto não são considerados, isoladamente, bons indicadores de contaminação fecal. Já a *E.coli*, por ser de origem exclusivamente intestinal de animais de sangue quente (inclusive de humanos), é reconhecida como o melhor indicador de contaminação recente, podendo sugerir a provável presença de organismos patogênicos. No entanto, por ser mais sensível à cloração, a *E.coli* não é uma boa indicadora da presença de organismos mais resistentes, como vírus e protozoários (WHO, 2004).

Na Portaria MS N.º 518/2004 (BRASIL, 2004a), estão estabelecidos os padrões microbiológicos de potabilidade da água, onde considera-se que os coliformes totais e os coliformes termotolerantes (preferencialmente a *E.coli*) devem estar ausentes na água destinada ao consumo humano. Para as soluções alternativas individuais, como a água de chuva armazenada em cisternas, a Portaria 518 tolera a presença de coliformes totais, desde que haja a ausência de coliformes termotolerantes e, ou, *E.coli*.

A quantificação dos coliformes totais e *E.coli* foi realizada pela utilização do teste enzimático Colilert® (9223B), citado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

4.2.2.2 Contagem total de bactérias (ou contagem heterotrófica)

A contagem heterotrófica diz respeito à contagem total de bactérias presentes na água em questão, indicando a sua qualidade e podendo revelar a presença de matéria orgânica na água (WHO, 2004; COOMBES et al., 2005). As bactérias heterotróficas são capazes de proliferar

na água, se estiverem disponíveis nutrientes, temperatura adequada, ausência de agente desinfetante residual e estagnação da água. A legislação brasileira (BRASIL, 2004a) estabelece o limite para a contagem heterotrófica em menos de 500 Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por mL em sistemas de abastecimento para que a água seja considerada como adequada para o consumo humano. Em um sistema de abastecimento, a detecção de bactérias heterotróficas pode ilustrar falhas na desinfecção, formação de biofilmes ou até a não-integridade do sistema de distribuição (BRASIL, 2005c).

A mesma análise pode ser realizada para o sistema de captação de água de chuva: não-integridade da estrutura pela presença de fendas, seja na estrutura das paredes de cimento ou pelas tampas de zinco tortas pelo sol, tornando possível a entrada de sujeiras; a cloração da água de chuva apenas uma vez ao ano, não restando cloro residual no decorrer dos meses, podendo ser considerado como falha na desinfecção; e a baixa adesão à limpeza periódica das cisternas, mantendo os sedimentos no fundo da cisterna. Por apresentar características favoráveis à proliferação de bactérias heterotróficas (presença de nutrientes, ausência de cloro residual e estagnação), é de se esperar que a concentração encontrada em água de chuva armazenada em cisternas seja elevada.

A metodologia utilizada na quantificação das bactérias heterotróficas foi o *Pour Plate Method* (9215B) (APHA, 1998).

4.2.2.3 *Clostridium perfringens*

O *Clostridium perfringens* também está presente nas fezes e não se reproduz no ambiente. É um microrganismo capaz de formar esporos, o que o torna resistente a vários fatores adversos à sua sobrevivência, como ação da luz UV e temperatura e pH extremos, e a processos de desinfecção, como a cloração. Devido a essa característica, o *C. perfringens* pode ser utilizado como indicador da presença de organismos mais resistentes, e também como indicador de contaminação fecal remota quando indicadores menos resistentes como a *E.coli* já não estão mais presentes na água (DANIEL *et al.*, 2001; WHO, 2004).

Pelo fato de a água de chuva permanecer armazenada por longos períodos, acredita-se ser o *C. perfringens* um microrganismo muito útil na verificação da contaminação remota e de organismos mais resistentes que podem estar presentes na água de chuva armazenada, principalmente no fundo da cisterna, onde há a concentração de sedimentos e a potencial presença de microrganismos resistentes. Na ausência de *E.coli* na amostra, mas com a

presença de *C. perfringens*, pode-se considerar a água como de qualidade suspeita, devendo ser tomadas providências antes de ser utilizada para o consumo humano.

A metodologia utilizada na quantificação do *C. perfringens* foi baseada na técnica de tubos múltiplos da CETESB L5.213 (1993), com ensaio presuntivo utilizando o meio DRMC e confirmação dos tubos considerados positivos no meio *Litmus Milk* (ANEXO A).

4.2.2.4 Estreptococos fecais

O grupo estreptococos fecais, apesar de ser excretado em menor quantidade nas fezes que a *E. coli*, pode ser considerado uma boa evidência de contaminação fecal recente. O grupo também pouco se reproduz no meio ambiente, e tem como vantagens o fato de ser mais resistente à cloração e à secagem e de possuir tolerância ao cloreto de sódio e a níveis de pH mais alcalinos (WHO, 2004). Se há a ausência de *E. coli* na amostra de água de chuva analisada e, no entanto, há a detecção de estreptococos fecais, medidas devem ser tomadas a respeito do tratamento da água a ser consumida, visto que foi verificada a contaminação fecal (humana ou animal), podendo suspeitar-se também da presença de microrganismos patogênicos (WHO, 2004; UNEP, 2004).

Pelo fato de a água de chuva armazenada em cisternas permanecer parada por muito tempo e ser clorada apenas no início do período chuvoso, a detecção de estreptococos fecais pode auxiliar na confirmação da presença de material fecal, principalmente quando na ausência de *E. coli* após a água de chuva ter sido clorada.

A quantificação de estreptococos fecais foi realizada em duas etapas: ensaio presuntivo em tubos múltiplos, contendo o meio caldo dextrose azida, e o ensaio confirmativo, pela inoculação dos tubos considerados positivos em placas de ágar bile-esculina. A metodologia foi realizada de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998) (ANEXO B).

As coletas para as análises microbiológicas foram realizadas em frascos de polietileno, esterilizados por autoclavagem, com 0,1 mL/100mL de solução de tiosulfato de sódio, para neutralizar o cloro eventualmente presente nas amostras. Os frascos foram encaminhados para Araçuaí, acondicionados em caixas térmicas. Foram sempre reforçados para os responsáveis pela coleta os cuidados no momento de manusear o frasco, para evitar que houvesse contato da mão ou de outra superfície com a tampa e o gargalo do mesmo.

Como a coleta teve início durante o período de seca, foi necessário o uso de recipientes para retirada da água das cisternas, devido ao baixo nível da água. Requeria-se sempre o uso do mesmo recipiente utilizado rotineiramente pelo dono da casa. Este procedimento foi repetido ainda no caso das cisternas cheias, para manter a homogeneidade do processo de coleta.

Após as coletas, os frascos eram acondicionados em caixas térmicas, contendo gelos reutilizáveis limpos, para manter as amostras resfriadas. Antes do momento do retorno para Belo Horizonte, trocavam-se os gelos utilizados na coleta por outros que se encontravam congelados na geladeira da Secretaria de Saúde, para garantir o resfriamento das amostras durante todas as 12 horas de viagem e até o momento da análise, realizada sempre logo após a chegada ao laboratório.

4.2.3 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos analisados foram alumínio, chumbo, cloro residual, ferro, sódio, nitrato, nitrito, zinco, pH, turbidez, dureza, acidez e alcalinidade. As análises de pH e cloro residual foram realizadas *in loco* (Figura 4.5).



Figura 4.5 – Medição de pH e cloro das amostras imediatamente após a coleta, Araçuaí.

4.2.3.1 Acidez

A acidez é a capacidade da água em resistir às alterações de pH ocasionadas pela presença de bases. Não possui risco sanitário, podendo causar sabor desagradável, caso seja originada pela presença de minerais. A presença de ácidos na água pode ter efeito corrosivo em superfícies nas quais entra em contato (APHA, 1998; VON SPERLING, 1996). No caso de armazenamento de água de chuva, cujo pH é baixo, a corrosão das superfícies de cimento pode causar um enfraquecimento das mesmas, tornando a estrutura da cisterna mais suscetível a rachaduras.

A quantificação da acidez na água de chuva foi realizada por titulação (2310B), de acordo com o *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.2 Alcalinidade

A alcalinidade é o parâmetro que mede a capacidade-tampão da água, isto é, de neutralização dos ácidos presentes na água. Pode ser causada pela presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (VON SPERLING, 1996; APHA, 1998).

Pela ação do baixo pH da água de chuva armazenada em cisternas pode haver a dissolução da superfície de cimento, removendo o carbonato de cálcio presente na composição (LYE, 1992); isso ocasionaria o aumento do pH durante o armazenamento e até tornaria a água de chuva uma “água dura”.

A alcalinidade da água de chuva foi quantificada por meio da técnica de titulação (2320B) citada no *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.3 Cloro

O cloro é largamente utilizado como agente desinfetante da água; ao entrar em contato com a água, forma ácido hipocloroso e íon hipoclorito, sendo esses as substâncias tóxicas para muitos microrganismos. Exceção ocorre para os organismos mais resistentes, que produzem forma de resistência, como os cistos de *Giardia* e os oocistos de *Cryptosporidium*. Esses são organismos mais resistentes à ação do cloro, não sendo inativados na dosagem utilizada normalmente na desinfecção da água para o consumo humano (APHA, 1998).

Por ser de mais fácil aplicação e relativamente mais barato, o hipoclorito de sódio, na forma de água sanitária, tem sido o agente desinfetante mais utilizado pela população para tratamento da água de chuva armazenada em cisternas.

O cloro foi analisado utilizando kit destinado à medição do cloro residual em piscinas, à base de ortotoluidina (Figura 4.5), apesar de não ser recomendado pela baixa precisão analítica desse recurso. No entanto, considerou-se o fato de ser mais rápido e de fácil leitura para os responsáveis pelas coletas.

4.2.3.4 Dureza

Assim como a acidez e a alcalinidade, a dureza possui ligação com a presença de carbonatos, podendo ser chamada de *dureza carbonato* se estiver relacionada à presença do cátion Ca^{2+} , sendo considerada temporária. É sensível ao calor, precipitando em temperaturas elevadas.

Em princípio, não possui riscos sanitários, porém pode causar sabor desagradável quando em concentrações elevadas, podendo até apresentar efeitos laxativos (APHA, 1998; VON SPERLING, 1996).

Havendo a dissolução de carbonato de cálcio pelo baixo pH da chuva nas superfícies de cimento, assim como foi sugerido também para a alcalinidade, em valores superiores a 50 mg CaCO₃/L, a água armazenada pode adquirir concentrações mais elevadas de carbonato de cálcio e chegar a ser considerada “água dura” (VON SPERLING, 1996).

A análise de dureza foi realizada pela técnica 2340C do *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.5 Nitrito e nitrato

A presença de compostos nitrogenados nitrito e nitrato em amostras de água indica a contaminação por matéria orgânica recente (nitrito) e remota (nitrato). O nitrato, quando ingerido, se reduz a nitrito no estômago de crianças e, em altas concentrações, pode causar uma doença metabólica em bebês, a metahemoglobinemia ou “Síndrome do bebê azul”, isto é, a perda da capacidade de oxigenação do sangue (VON SPERLING, 1996; WHO, 2004).

O nitrato e o nitrito são apresentados na Portaria 518/2004 (BRASIL, 2004a), na tabela de substâncias químicas que representam riscos à saúde, sendo o Valor Máximo Permitido (VMP) para nitrato de 10,0 mg/L e para nitrito, de 1,0 mg/L.

A análise de nitrito e nitrato é de grande importância para a verificação da matéria orgânica existente na água de chuva: ao reagir com o cloro utilizado na desinfecção, ocorre a formação de cloraminas, substância que possui baixo poder bactericida; a reação de compostos nitrogenados com o cloro também produz subprodutos (nitrosaminas e nitrosamidas) de poder carcinogênico (ALABURDA e NISHIHARA, 1998). Por ser uma fonte de abastecimento alternativa e individual, a água de chuva armazenada em cisternas não passa por tratamento, portanto não há remoção de compostos nitrogenados, podendo haver a potencial produção dos subprodutos cancerígenos.

A análise de nitrito e nitrato seguiu as metodologias do *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.6 pH

A legislação brasileira para água destinada ao consumo humano recomenda que essa tenha o pH entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2004a). Esse parâmetro não apresenta riscos sanitários, estando relacionado apenas ao poder de corrosão ou incrustação de superfícies.

O pH da água de chuva tende a ser relativamente baixo, podendo apresentar elevado poder corrosivo às superfícies que entrar em contato. Por apresentar essa característica, a água de chuva torna-se agressiva, podendo dissolver compostos presentes na composição do cimento. Dentre esses, há o carbonato de cálcio (CaCO_3), que ao entrar em contato com a água eleva o seu pH, diminuindo sua agressividade (LYE, 1992). O hipoclorito de sódio, utilizado normalmente no processo de desinfecção da água, também tem o poder de aumentar o pH.

A medição de pH foi realizada com um medidor portátil, próprio para trabalhos em campo, calibrado com soluções-tampão adquiridas juntamente com o aparelho, nos pH 4,0 e 7,0 (Figura 4.5).

4.2.3.7 Turbidez

A turbidez é um parâmetro físico de considerável importância na avaliação da qualidade da água, sendo causada pela presença de material particulado e coloidal em suspensão na água. Em valores elevados (acima de 5,0 UT) é perceptível à visão humana, podendo causar rejeição por parte dos consumidores. As matérias particuladas podem proteger os microrganismos da desinfecção, diminuindo a eficiência do processo, e ainda serem utilizadas como indicativo da provável presença de microrganismos maiores, como a *Giardia* e o *Cryptosporidium* (WHO, 2004).

A Portaria 518/2004 (BRASIL, 2004a) estabelece o valor máximo de 1,0 UT (Unidade de Turbidez) para a pré-desinfecção da água e de 5,0 UT em amostras pontuais, no caso de sistema de abastecimento. No entanto, como garantia da remoção de *Giardia* e do *Cryptosporidium*, recomendam-se valores de turbidez inferiores a 0,5 UT (BRASIL, 2004a).

Por ser um sistema em que a água permanece estática grande parte do tempo, a água armazenada em cisternas tende a apresentar baixos valores de turbidez, pois o material suspenso tende a sedimentar no decorrer do período de armazenamento nas cisternas.

A análise de turbidez foi realizada pelo método nefelométrico com limite de detecção de 1,0 UT (APHA, 1998).

4.2.3.8 Alumínio

O alumínio é o elemento mais abundante da crosta terrestre, com 8% da sua composição. Os sais do metal são utilizados como coagulantes no tratamento de água em sistemas de abastecimento, podendo ser encontrado em valores elevados na água tratada. Não apresenta riscos potenciais à saúde, podendo apenas causar alterações na cor e turbidez da água (WHO,

2004). O alumínio é citado na Portaria 518 (BRASIL, 2004a) na tabela pertinente ao padrão de aceitação para consumo humano, sendo seu VMP (Valor Máximo Permitido) de 0,2 mg/L.

Em amostras de água pluvial pode ser proveniente da dissolução do alumínio presente na composição do cimento, pela ação corrosiva da água de chuva, que tende a ter pH reduzido.

A análise de alumínio foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com o *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.9 Chumbo

O chumbo é um metal pesado, com capacidade de acumular-se e ter efeitos tóxicos no organismo, principalmente no de crianças e mulheres grávidas, e causar efeitos neurológicos e comprometer o desenvolvimento (WHO, 2004).

Vários estudos relacionados à qualidade físico-química da água de chuva mostraram dados importantes a respeito do chumbo, onde esse aparece em valores muitas vezes superiores ao Valor Máximo Permitido por legislações relacionadas à potabilidade da água. O chumbo pode estar presente na poluição atmosférica proveniente de indústrias e tráfego de automóveis, sendo carregado juntamente com a chuva para a cisterna. O Valor Máximo Permitido para o chumbo é de 0,01 mg/L (BRASIL, 2004a).

O chumbo foi analisado por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com o *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.10 Ferro

O ferro é um metal muito abundante na crosta terrestre, podendo ocorrer em solos, minerais e águas (devido à dissolução de rochas ricas em ferro). O íon ferroso (Fe^{2+}) permanece em solução em ambientes anóxicos, mas, ao entrar em contato com o ar ou ser adicionado algum agente oxidante, é oxidado ao estado férrico (Fe^{3+}) e forma o óxido de ferro, substância vermelha e insolúvel (APHA, 1998). Quando em altas concentrações, pode causar rejeição por parte dos consumidores por ocasionar cor, odor e sabor à água, podendo manchar roupas. Não apresenta efeitos maléficos à saúde e, devido às suas características, está na tabela de aceitação para o consumo humano. O VMP para o ferro é de 0,3 mg/L.

Se presente em água de chuva armazenada em cisternas, pode ser devido à dissolução da superfície das placas, pois o ferro faz parte da constituição do cimento.

A análise de ferro foi feita por meio de espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com o *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.11 Sódio

O sódio é um metal muito solúvel, podendo estar presente na água potável em valores menores que 20 mg/L. O metal não representa riscos à saúde na concentração normalmente encontrada, mas pode provocar alterações no sabor da água em valores superiores à 200 mg/L, que, por sua vez, é o VMP para o metal recomendado pela Portaria 518/2004 (APHA, 1998; BRASIL, 2004a; WHO, 2004).

O sódio pode estar presente na água de chuva devido à dissolução da superfície das placas das cisternas, pois faz parte dos constituintes do cimento.

A análise de sódio foi realizada por meio da espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com o que é recomendando pelo *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.2.3.12 Zinco

O metal zinco pode estar presente em alimentos e na água, na forma de sais ou complexos orgânicos. Não provoca efeitos negativos à saúde e, geralmente, é encontrado em quantidades mínimas (traços) na água. Em valores superiores a 3-5 mg/L, pode apresentar sabor adstringente e cor opaca, fatores indesejáveis ao consumo humano (WHO, 2004).

Em um sistema de captação de água de chuva, o zinco faz parte da constituição da calha. Pelo contato com a água de chuva de pH baixo, pode ser dissolvido e encaminhado para a água armazenada.

O sódio foi analisado por espectrofotometria de absorção atômica, como é descrito no *Standard Methods* (APHA, 1998).

As amostras para os parâmetros físico-químicos foram coletadas em frascos de plástico de 1 L, limpos e secos, e no momento da coleta era feito “ambiente” nos mesmos, isto é, adicionava-se um pouco da amostra a ser coletada, agitava-se e descartava-se essa água, para, posteriormente, encher o frasco.

Para metais, foram usados frascos de polietileno de 500 mL, limpos e secos, adicionados de 1,0 mL de ácido nítrico, para conservação das amostras durante a coleta até o momento da análise.

4.3 Análise estatística

O tratamento estatístico aplicado aos dados surgiu da seguinte hipótese: a água de chuva armazenada nas cisternas novas possui melhor qualidade (microbiológica e físico-química) que a das cisternas antigas. A intenção da hipótese foi demonstrar que o estado de conservação das cisternas e os cuidados no manuseio da água de chuva armazenada têm influência sobre a qualidade da água a ser consumida. As cisternas novas representariam uma situação considerada como “ideal”, pois estão armazenando o primeiro ciclo de chuva e ainda não sofreram ação do tempo. Foi observado durante a coleta que as cisternas sofrem depreciação da estrutura no decorrer do tempo e acredita-se que há uma tendência na queda da qualidade da água de chuva armazenada.

O modelo de gráfico que melhor ilustrou o comportamento dos parâmetros analisados durante os sete meses de monitoramento foi o de pontos, gerado pelo programa Excel 2003.

Os dados obtidos no monitoramento qualitativo da água foram submetidos aos testes de normalidade (teste de LILLIEFORS) e de homocedasticidade (teste de COCHRAN), pré-requisitos para a submissão dos dados à análise de variância (ANOVA). Os dados que não atenderam aos dois testes tiveram seus valores transformados em log, repetindo os testes de normalidade e homocedasticidade nos mesmos (BOX *et al.*, 1978). Posteriormente, os dados (em valores reais ou transformados em log) que cumpriram os dois pré-requisitos foram submetidos à análise de variância, em nível de 5% de significância. Os testes de normalidade, homocedasticidade e a Análise de Variância foram realizados por meio do software Statistica 6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise visual das cisternas

5.1.1 Cisternas monitoradas

Durante o período de escolha das cisternas e o de monitoramento, foi realizada uma análise visual dos 16 sistemas de captação das duas comunidades rurais, Lagoa dos Patos e Coruto. Avaliaram-se dois importantes fatores que podem influenciar a qualidade da água: o estado de conservação do sistema de captação de água de chuva e os cuidados do proprietário na utilização da água da cisterna.

Em relação à parte construtiva, foi constatado o mesmo problema nas oito cisternas antigas: todas possuíam tampas confeccionadas em folhas de zinco, que se encontravam empenadas pela ação do sol, permanecendo entreabertas (Figura 5.1). A existência de aberturas permite a entrada de partículas carregadas pelo vento ou a entrada de pequenos animais. Esse modelo de tampa já não foi visto nas cisternas mais recentemente construídas, pois houve a substituição do material utilizado e a alteração do modo de colocação da tampa, como pode ser visualizado na Figura 5.1. Até o final da pesquisa (fevereiro de 2006), o modelo de tampa utilizado nas cisternas novas ainda não havia apresentado defeitos.



Figura 5.1 – Tampa das cisternas antigas e novas, respectivamente.

No que diz respeito ao modo de retirada da água das cisternas, 94% das famílias realizam esse procedimento manualmente, com a utilização de recipientes. Ao serem questionados sobre os cuidados, os moradores relataram ter adquirido um vasilhame exclusivo para a retirada da água de chuva das cisternas, guardando-o juntamente com o material de cozinha. Apenas uma família possuía bomba para retirada da água da cisterna, porém essa apresentava defeito no período da pesquisa e também estava retirando a água manualmente.

Já sobre o tratamento da água de chuva, alguns moradores acreditavam que o cloro fazia mal à saúde ou tinham dúvidas quanto ao produto que deveriam aplicar para desinfetar a água, se

cloro ou água sanitária, e qual a concentração necessária. Durante o monitoramento da qualidade da água, foi realizada a medição do cloro *in loco*. No entanto não foi possível quantificá-lo em praticamente nenhum momento, estando todos os valores em concentrações inferiores a 0,5 mg/L, o limite de detecção da metodologia. Exceção se fez na cisterna 14 (antiga) em fevereiro, onde se detectou a presença de 1,5 mg de cloro/L.

No início da pesquisa, 31% das famílias (duas proprietárias das cisternas novas e três das antigas) disseram ter desistido ou ainda não realizavam a desinfecção da água. Após o período de chuvas de 2005 (no mês de janeiro de 2006), os usuários das cisternas foram novamente questionados a respeito da desinfecção. Não houve atendimento do tratamento da água em 75% das cisternas (7 cisternas novas e 5 antigas), situação considerada pior que a de 2005. Os proprietários das cisternas não desinfetadas alegaram que ainda restava água do período chuvoso anterior e, portanto, não sabiam a quantidade a ser adicionada quando na entrada de nova água.

Os proprietários das cisternas antigas afirmaram, na primeira entrevista (abril de 2005), não realizar a limpeza das cisternas anualmente, como é recomendado. Pelo fato de a água ser utilizada apenas para beber e cozinhar, o consumo hídrico pode ser considerado baixo. Isso faz com que o volume da cisterna não diminua muito durante o período de seca, mantendo, portanto, um nível considerável de água no início da outra estação chuvosa. Por receio de descartar a água para realizar a limpeza anual, pela incerteza do início das chuvas, esse procedimento não é realizado pelos proprietários com a frequência necessária. Por estarem armazenando o primeiro ciclo de chuva, os proprietários das cisternas novas ainda não precisaram lavá-las, porém disseram saber da importância desse procedimento.

Em novembro de 2005, os moradores foram novamente questionados quanto à limpeza das cisternas antes de iniciar o novo período chuvoso, que ocorreu naquele mês. Apenas quatro famílias (uma das cisternas novas e três das antigas) realizaram esse procedimento, pois as cisternas encontravam-se com pouca água e não tiveram receio de descartar o que restava. As cisternas 15 e 16 apresentaram problemas de vazamentos meses antes do início do período chuvoso e perderam volume considerável de água, permanecendo praticamente vazias nos meses de outubro e novembro. Portanto, após repararem as fendas formadas, os proprietários realizaram a limpeza das cisternas, aguardando o início da estação de chuvas. As famílias que não limparam as suas cisternas relataram que ainda restava muita água do período anterior.

Fazendo uma vistoria no interior das cisternas, notou-se que havia anfíbios (“pererecas”) em contato com a água em algumas cisternas (Figura 5.2). Ao questionar aos usuários se eles

consideravam esses animais prejudiciais à qualidade da água, eles declararam que os consideravam até benéficos, pois tinham o poder de “resfriar” a água, por terem a pele gelada.

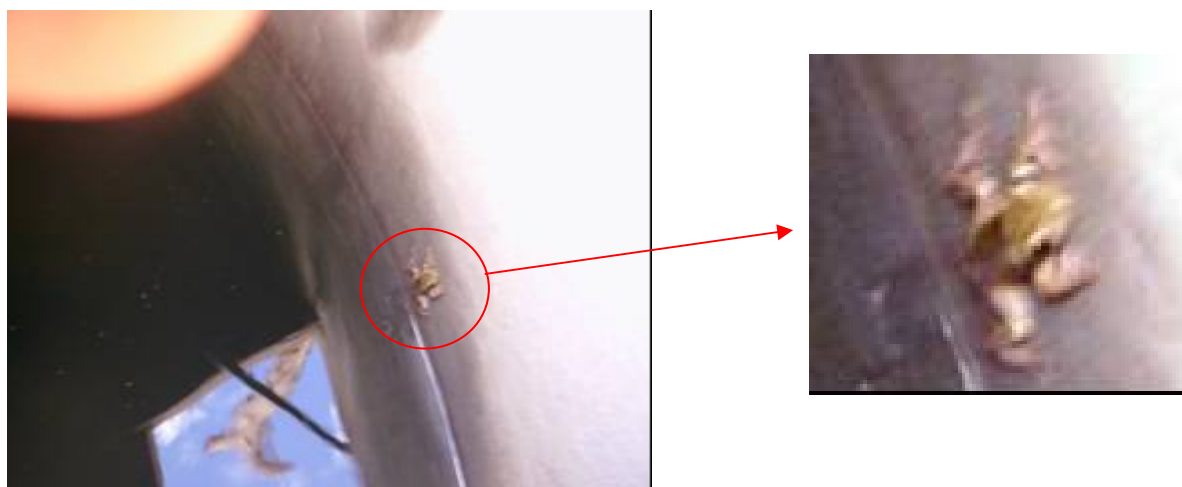


Figura 5.2 – Anfíbio no interior da cisterna.

Em relação às opiniões sobre as mudanças que o sistema de captação de água de chuva proporcionou à vida das famílias, os moradores demonstraram grande satisfação em ter a água de chuva como fonte de abastecimento. Disseram que a qualidade de vida melhorou muito, pois não era mais necessário buscar água em lugares distantes e os casos de doenças tornaram-se menos freqüentes. Os proprietários das cisternas também consideraram que a água de chuva possui sabor muito mais agradável, não sendo salobra como as outras fontes, saindo “fresquinha” das cisternas.

5.1.2 Cisternas cadastradas

O cadastro das cisternas foi realizado entre os dias 20 e 29 de julho de 2005, pelas bolsistas do projeto e por alunos voluntários. A idéia inicial da realização do cadastro era quantificar todas as cisternas construídas no município de Araçuaí. No entanto, não foi possível atender o objetivo completamente. O município possui 66 comunidades, e devido à longa distância entre as comunidades e à dificuldade de transporte de todo grupo só foram visitadas apenas 17 comunidades, tendo sido cadastradas no total 117 cisternas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Relação das comunidades rurais cadastradas pelo projeto

Comunidades Rurais Visitadas em Araçuaí		
Aguada Nova	Coruto	Quati
Barriguda	Cruzinha	Solidade
Calhauzinho	Lagoa dos Patos	Tesoura de Cima
Córrego da Velha de Baixo	Lapinha	Vargem de João Alves
Córrego da Velha do Meio	Malhada Preta	Varginha
Córrego Fundo	Palmital	

Das 117 cisternas cadastradas, 90% delas foram construídas de acordo com a técnica de placas pré-moldadas de cimento e o restante (10%), de ferrocimento. Vários problemas foram detectados na estrutura das cisternas, como pode ser visto na Figura 5.3.

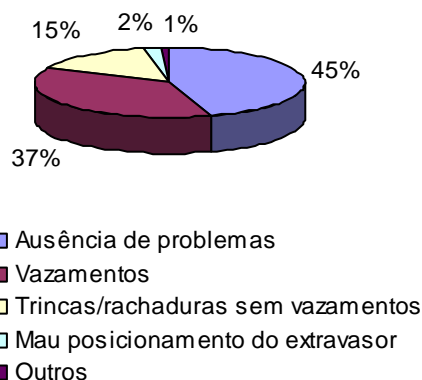


Figura 5.3 – Problemas apresentados nas cisternas cadastradas em Araçuaí.

O problema mais comum detectado entre as cisternas cadastradas foi a presença de trincas, apresentando ou não vazamentos, ilustradas pelo crescimento de vegetais de pequeno porte (briófitas ou “musgo”), que se desenvolvem preferencialmente em ambientes úmidos, ocasionados, nesse caso, pela saída de água pela fenda formada. Os vazamentos ocorriam em 37% das cisternas, demonstrando a fragilidade estrutural das placas de cimento constituintes das cisternas (Figura 5.4). As fendas podem ser consideradas “portas de entrada” para microrganismos e causadoras da perda de volume considerável de água, principalmente se estiverem localizadas nas placas inferiores.



Figura 5.4 – Trinca com vazamento em parede lateral de cisterna.

O mau posicionamento do extravasor, na altura da cinta da tampa (Figura 5.5), também foi gerador de vazamentos e redução do volume de água na cisterna; durante o enchimento da cisterna a água permanece muito tempo em contato com a cinta da tampa, antes de sair pelo extravasor.



Figura 5.5 – Localização do extravasor da cisterna.

Houve um caso isolado de comprometimento da cisterna causado pelas raízes de uma árvore.

Em relação aos cuidados com a qualidade da água, constatou-se que:

- 100% das famílias disseram que fazem o desvio da primeira chuva;
- 71% disseram fazer a limpeza anual das cisternas;
- 72% retiram a água manualmente, com o uso de balde ou outro vasilhame;
- 58% das famílias usam cloro ou água sanitária para desinfecção da cisterna; e
- todas as famílias afirmam que suas vidas melhoraram após a construção das cisternas, devendo ser ressaltado que 66% acreditam que o número de doenças de veiculação hídrica diminuiu.

Nesse cadastro, foi confirmada a existência de crenças locais, que podem comprometer os cuidados dos proprietários das cisternas com a água de chuva, como aquela de que o cloro faria mal à saúde e que a presença de pequenos animais nas cisternas não seria prejudicial à qualidade da água de chuva armazenada. Enquanto o cadastro era realizado, os alunos voluntários procuraram passar informações sobre os cuidados com a água, reforçando o que os proprietários do sistema de captação de água de chuva já sabiam, ou ensinando novas técnicas de tratamento doméstico da água, como a proposta por Barros *et al.* (1995). Houve também a tentativa de desmistificar algumas crenças, porém, sempre respeitando a cultura local.

5.2 Monitoramento das amostras de água de chuva armazenadas em cisterna

5.2.1 Análises microbiológicas

5.2.1.1 Coliformes totais e *E. coli*

Nas Figuras 5.6 e 5.7 estão apresentados os resultados dos sete meses de monitoramento de coliformes totais (APÊNDICE B) e de *E. coli* (APÊNDICE C), nas cisternas novas e nas antigas.

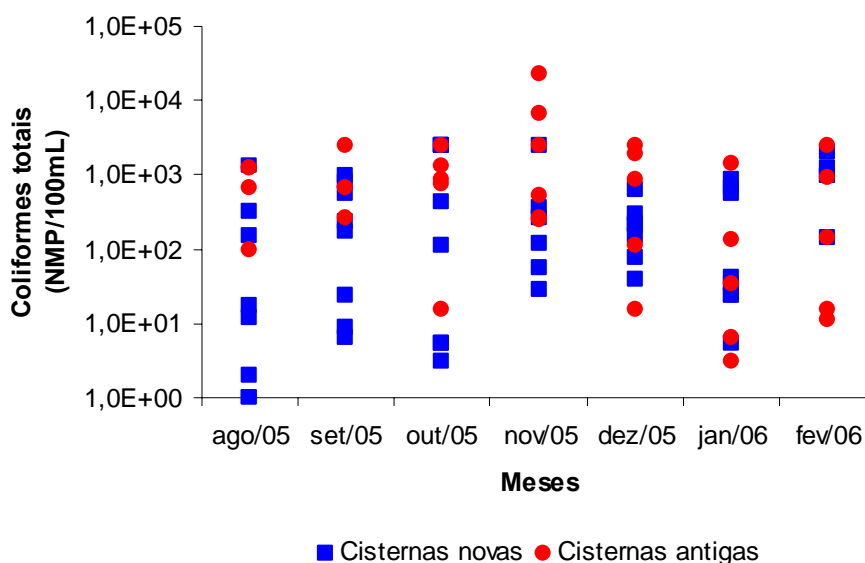


Figura 5.6 – Monitoramento mensal de coliformes totais nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

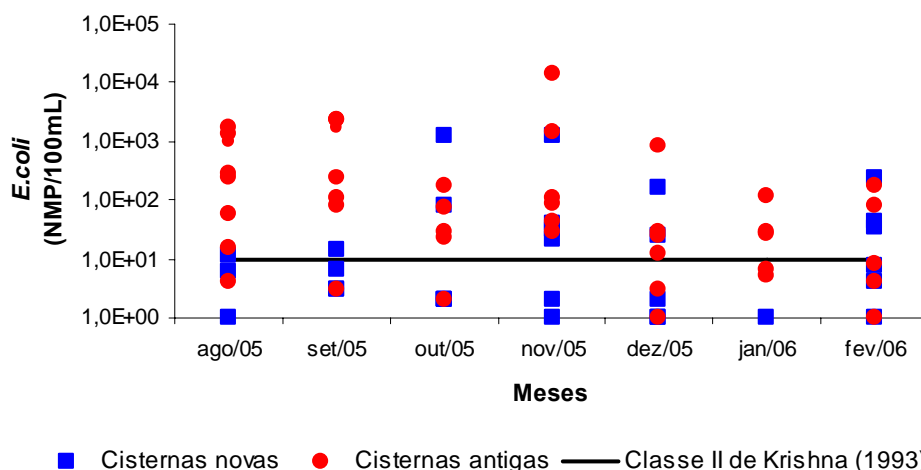


Figura 5.7 – Monitoramento mensal de *E. coli* nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

Em ambos os casos observou-se uma heterogeneidade na distribuição dos valores no decorrer do período de coleta, não sendo verificada uma diferença na ocorrência dos microrganismos entre os períodos de seca e de chuva. No entanto, a água armazenada nas cisternas antigas

apresentou maiores valores que nas novas, tanto para coliformes totais quanto para *E.coli*. Em algumas amostras das cisternas antigas foi necessária a sua diluição, pois ultrapassaram o limite de detecção da metodologia na coleta anterior.

A *E. coli* não foi detectada em 45% dos 56 resultados das cisternas novas, o que estaria em conformidade com a Portaria 518 (BRASIL, 2004a), assim como com a classe I de Krishna (1993). Para as cisternas antigas, em apenas 12,5% dos resultados (nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro) não foi detectada nenhuma contaminação fecal. Considerando a classe II proposta por Krishna (1993), onde se considera como aceitável a água que apresentar de 1 a 10 *E.coli*/100 mL, 32% dos dados das cisternas novas e 18% das antigas seriam avaliadas como adequadas ao consumo humano. No entanto, a aplicação da classificação proposta por Krishna é muito questionável, pois a presença de *E.coli* em números considerados “aceitáveis” (até 10 por 100 mL) comprova a contaminação por material fecal, ou seja, há a provável presença de microrganismos patogênicos, podendo haver a exposição de riscos à saúde da população que consumir essa água.

Os resultados das cisternas novas e das antigas não apresentaram diferenças estatísticas para os coliformes totais, porém houve diferenças significativas para a *E.coli*, pela aplicação da ANOVA, a 5% de significância (Tabelas 5.2 e 5.3).

Tabela 5.2 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de coliformes totais da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,7032	1	0,7032	1,6274 ^{ns}
Resíduo	6,0492	14	0,1591	

(ns): não-significativo.

Tabela 5.3 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de *E.coli* da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	4,97247	1	4,97247	6,77295
Resíduo	10,27832	14	0,73417	

As cisternas antigas foram construídas há mais de dois anos e já sofreram uma deterioração com o passar dos anos. As instruções para os cuidados com a captação, o armazenamento e o manuseio foram passadas para os proprietários dos sistemas há mais tempo. Portanto, pode não ter havido a absorção total das informações apresentadas, sendo essas esquecidas com o

passar do tempo. Esse é um fato preocupante, pois situação semelhante pode ocorrer com os proprietários dos sistemas mais recentemente construídos e o problema pode tornar-se generalizado. Daí a importância de uma educação sanitária contínua, enfática e de fácil assimilação para os moradores, pois são eles os responsáveis pela qualidade da água que consomem.

Apenas a título de comparação com as amostras de água de chuva, foram realizadas análises pontuais de outras fontes alternativas utilizadas pelos moradores das duas comunidades estudadas. Em Lagoa dos Patos há um poço cuja água é bombeada para as casas próximas. E em Coruto, a população tem como recurso hídrico alternativo um manancial superficial, que possui água até certo período de seca. Quando ainda não havia as cisternas, essas eram as únicas fontes de água disponíveis, inclusive para beber. Na Tabela 5.4 encontram-se os resultados relacionados às análises do grupo coliforme dessas fontes alternativas.

Tabela 5.4 – Análises microbiológicas da água de fontes alternativas utilizadas em Lagoa dos Patos e Coruto, Araçuaí-MG

Fonte Alternativa	Coliformes Totais (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)
Poço – Lagoa dos Patos	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^0$
Reservatório - Coruto	$7,3 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$

Em termos microbiológicos, ambas as fontes seriam consideradas inadequadas para o consumo humano pela Portaria 518 (BRASIL, 2004a). Já segundo a classe II de Krishna (1993), as amostras poderiam ser consideradas “aceitáveis”, apesar da aplicação desse padrão poder gerar controvérsias, pela potencial exposição a saúde dos usuários dessas fontes alternativas a riscos.

Em relação a questões organolépticas, houve reclamações por parte dos moradores para as duas fontes alternativas existentes nas duas comunidades. Em Lagoa dos Patos, os moradores consideravam a água desse poço “salgada”, “muito ruim para beber”, “deixa mancha branca no fundo das panelas”. Em Coruto, afirmaram que a água é “turva”, “um pouco barrenta”. Após a construção do sistema, essas fontes foram destinadas apenas para fins de limpeza da casa, lavagem de roupas e banho.

Os resultados da qualidade da água das duas comunidades estudadas podem ser comparados a outros estudos já realizados. Normalmente, as análises feitas com a água das cisternas são efetuadas a título de pesquisas científicas, sendo poucas as ONGs, responsáveis pela

construção das cisternas e educação sanitária da população, que realizam o monitoramento da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas por elas construídas. A ONG Visão Mundial tem adotado o monitoramento da água de chuva em cisternas nas comunidades atendidas pela mesma.

Lima e Rego (2005) escolheram, aleatoriamente, 13 comunidades rurais entre os Estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Minas Gerais para avaliar a qualidade da água de chuva das cisternas construídas pela ONG Visão Mundial. Em nenhuma das amostras analisadas houve a detecção de *E.coli*. De acordo com os autores, o resultado já era esperado, visto que é realizado um trabalho pela ONG junto à população no que se refere aos cuidados com as cisternas.

Contudo, essa não foi a realidade encontrada em trabalho realizado por Brito *et al.* (2005), onde foram pesquisados vários parâmetros relacionados à qualidade da água de chuva na zona rural de Ouricuri-PE, dentre eles a *E. coli*. Das sete cisternas analisadas que armazenavam exclusivamente água de chuva, foi constatada contaminação fecal pela presença de *E.coli* em todas as amostras, ou seja, não houve atendimento ao padrão estabelecido pela Portaria 518 (BRASIL, 2004a), e 71% não estavam de acordo nem com a classe II do padrão sugerido por Krishna (1993). No texto não havia citação relacionada à idade das cisternas estudadas em Ouricuri, nem sobre o seu estado de conservação.

5.2.1.2 Contagem de bactérias heterotróficas

Na Figura 5.8 estão ilustrados os resultados do monitoramento das cisternas para contagem de bactérias heterotróficas (APÊNDICE D).

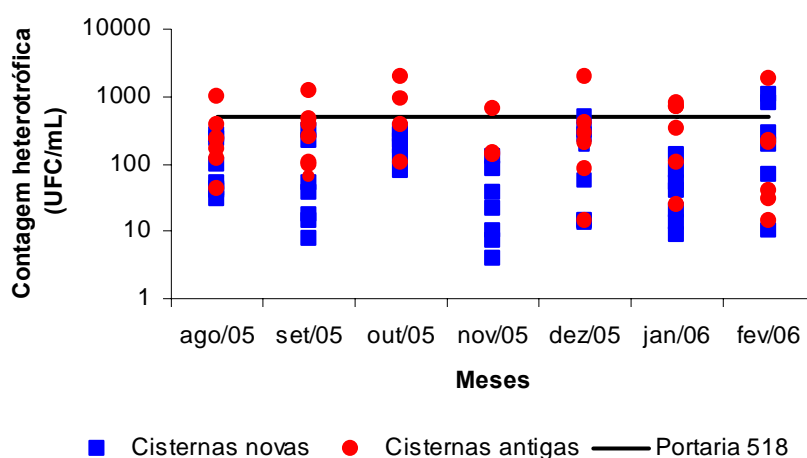


Figura 5.8 – Monitoramento mensal de bactérias heterotróficas nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

As cisternas novas apresentaram melhores resultados em relação às antigas, o que pode ser confirmado pela diferença significativa demonstrada pela ANOVA (Tabela 5.5), a 5% de significância.

Tabela 5.5 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias da contagem heterotrófica da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,99343	1	0,99343	15,112
Resíduo	0,92031	14	0,06574	

Apenas 10% dos resultados das cisternas novas foram superiores ao estabelecido pela legislação, que é de 500 UFC/100 mL (BRASIL, 2004a), principalmente no período pós-chuva, ou seja, fevereiro. Nas cisternas antigas, 32% dos resultados apresentaram-se inadequados, principalmente no período chuvoso e após o mesmo. O estado de conservação das cisternas antigas pode ser um dos motivos para elas terem apresentado os maiores valores de bactérias heterotróficas. As tampas de zinco entortadas pelo calor e a presença de fendas nas paredes das cisternas, como foi diagnosticado pela análise visual, são portas de entrada para matéria orgânica e microrganismos. O baixo relato de desinfecção e de limpeza das cisternas antigas também pode ter influência nesse resultado.

Mesmo sendo recomendado que a água para o consumo humano deve ser sempre desinfetada, o cloro é aplicado somente uma vez ao ano em águas de chuva armazenadas em cisternas, após o período chuvoso e quando a cisterna está completamente cheia. A matéria orgânica pode estar presente juntamente com o sedimento que se forma no fundo da cisterna e, portanto, é utilizada como nutriente pelas bactérias. Considerando que a cloração é efetiva no controle bacteriano por apenas três a cinco dias (LYE, 1991) e a falta de limpeza periódica disponibiliza nutrientes presentes no sedimento, surge a possibilidade de proliferação das bactérias heterotróficas.

Dessa forma, nota-se a importância dos cuidados dos proprietários com a cisterna, limpando-a periodicamente para a retirada dos sedimentos, mantendo-a sempre fechada para evitar a entrada de sujeiras e dando preferência à cloração caseira, como é explicado por Barros *et al.* (1995).

5.2.1.3 *Clostridium perfringens*

Na Figura 5.9 estão os resultados do monitoramento de sete meses de *C. perfringens* (APÊNDICE E). O *C. perfringens* não foi quantificado em 45% das análises, por estarem em valores inferiores ou superiores aos limites de detecção da metodologia (<1,1 e >8,0 NMP/100 mL, respectivamente). Mesmo com várias alterações na diluição das amostras, só foi possível quantificar o *C. perfringens* nas cisternas antigas a partir de outubro. O maior valor surgiu na cisterna 14 no mês de janeiro. Nas cisternas novas, o *C. perfringens* apareceu com valores menores que nas antigas, havendo meses em que não foi detectado (dezembro e janeiro, período de chuva e pós-chuva).

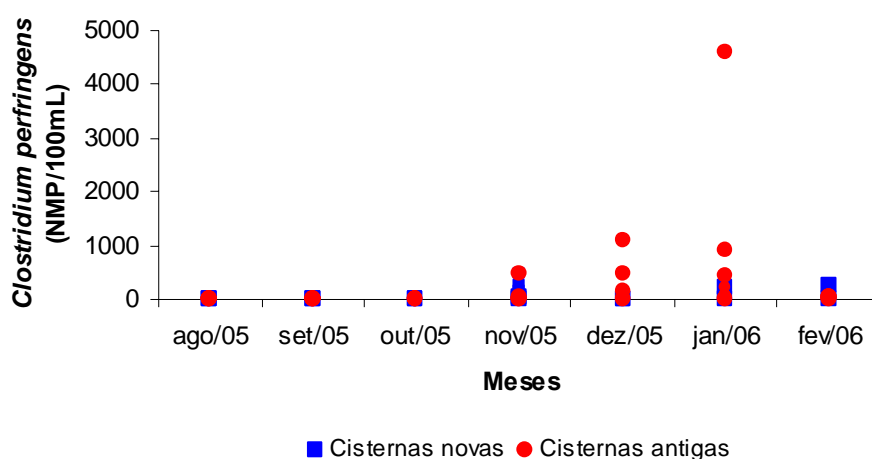


Figura 5.9 – Monitoramento mensal de *Clostridium perfringens* nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araucaí-MG.

Mesmo com a dificuldade de detecção do *C. perfringens*, foi possível verificar a existência de diferença entre a qualidade da água de chuva das cisternas, com as antigas apresentando qualidade inferior em relação às novas, por possuírem os maiores valores (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de *Clostridium perfringens* da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	3,12581	1	3,12581	7,4382
Resíduo	5,88329	14	0,42024	

Por ter a capacidade de formar esporos, que é a forma de resistência do *C. perfringens*, acredita-se que esse microrganismo sobreviveu no sedimento formado no fundo das cisternas

os meses. Aparentemente, a água das cisternas novas possui menores valores para estreptococos que as das antigas.

Não houve diferença entre os períodos de chuva e de seca. Pela heterogeneidade dos dados e a não-deteção de estreptococos fecais em 53% dos resultados, optou-se por não realizar o teste estatístico com os dados de estreptococos fecais, pois estes podem não ser muitos representativos.

Eram esperados resultados de estreptococos fecais semelhantes aos de *E.coli*, visto que ambos são excretados em concentrações elevadas pelas fezes (a *E. coli* em maior quantidade). No entanto, pelo provável erro analítico na metodologia de estreptococos, não foi possível realizar uma comparação entre ambos os microrganismos indicadores de contaminação fecal.

5.2.2 Análises Físico-Químicas

5.2.2.1 pH

Na Figura 5.11 estão os resultados de pH das cisternas novas e antigas (APÊNDICE G), comparados ao recomendado pela legislação.

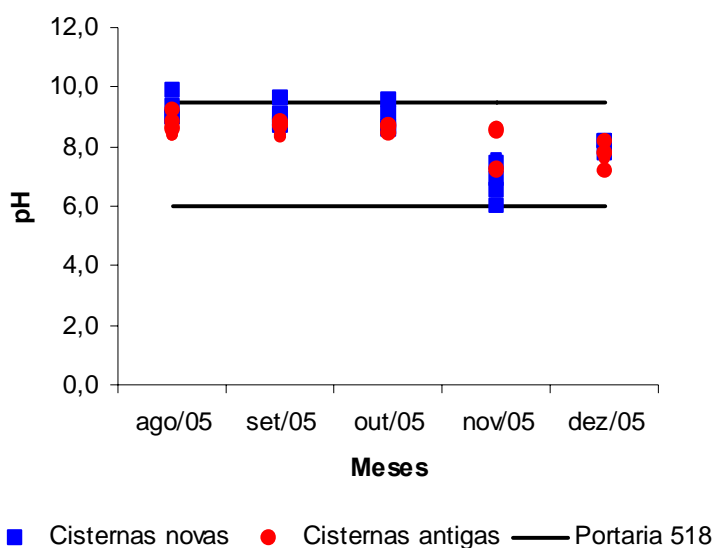


Figura 5.11 – Monitoramento mensal de pH nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

A maior parte dos dados apresentou valores maiores que 8, isto é, a água adquire característica alcalina após ser armazenada em cisternas de cimento. Nas cisternas novas, a média de pH foi 8,4, enquanto nas antigas foi 8,3. Houve decréscimo no início do período de chuvas (novembro) nas cisternas antigas, sendo esse mais acentuado para as cisternas novas. Nos meses seguintes, o pH da água armazenada nas cisternas novas aumentou, provavelmente

pelo maior poder de dissolução de CaCO_3 , constituinte do cimento das placas das paredes das cisternas. Apenas três cisternas novas tiveram valores mais elevados que o recomendado, na época de seca. Em janeiro e fevereiro não houve a medição do pH, porque o aparelho apresentou defeito, não sendo possível consertá-lo antes de terminar o período das coletas.

Como o pH não variou muito entre as cisternas novas e as antigas, não houve diferença significativa entre os dois grupos, confirmada pela análise de variância apresentada na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de pH da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,036	1	0,036	0,94 ^{ns}
Resíduo	0,534	14	0,038	

(ns): não-significativo.

5.2.2.2 Turbidez

Na Tabela 5.8 estão apresentados os resultados de turbidez da água das cisternas novas e das antigas. Optou-se por não gerar gráfico para esse parâmetro, devido ao pequeno número de dados.

Tabela 5.8 – Monitoramento mensal de turbidez nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG

Coleta	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06
Cisterna	Turbidez (UT¹)						
Amostra							
Novas	1	<1	1,0	<1	<1	<1	<1
	2	<1	2,0	2,0	<1	<1	<1
	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	7	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	8	<1	1,0	<1	<1	<1	<1
Antigas	9	<1	<1	1,0	<1	<1	<1
	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	11	3,0	<1	<1	<1	<1	<1
	12	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	13	<1	NC ⁽²⁾	<1	NC	<1	<1
	14	<1	<1	<1	1,0	2,0	<1
	15	<1	2,0	NC	NC	<1	<1
	16	3,0	<1	NC	NC	<1	<1

(1) Unidade de turbidez.

(2) NC – não-coletado.

A turbidez só se fez presente em valores iguais ou superiores a 1,0 UT (Unidade de turbidez) em poucas amostras durante o período de coleta. Não houve grandes diferenciações entre período chuvoso e de seca. Nas cisternas novas, o maior valor registrado foi em fevereiro, período pós-chuva.

Ao contrário do que era esperado, os maiores valores de turbidez surgiram no período de seca – agosto e setembro. A água armazenada estava parada há vários meses, permitindo a sedimentação dos sólidos. Provavelmente a detecção pode estar relacionada a algum descuido por parte dos moradores, que permitiram a entrada de sujeira, ou pela ressuspensão dos sedimentos no momento de retirada da água. A turbidez elevada nas cisternas 15 e 16, nos meses de setembro e agosto, respectivamente, ocorreu pelo baixo nível da água nas cisternas, com a presença maciça de sedimentos suspensos. No período chuvoso (novembro e dezembro), apenas a amostra da cisterna 14 apresentou valores detectáveis de turbidez, provavelmente devido à ressuspensão dos sedimentos do fundo da cisterna. Em fevereiro, apenas a cisterna 6 apresentou valor elevado de turbidez na água, sendo um caso isolado, não havendo explicação plausível para o ocorrido.

5.2.2.3 Acidez

Na maior parte dos resultados, não houve a detecção de acidez nas amostras, o que pode ser constatado na Tabela 5.9 pelos valores menores que 1,0 mg/L (limite de detecção da metodologia).

Em apenas sete ocasiões houve a detecção de acidez nas amostras das cisternas novas, já nas antigas, 23 vezes. A maior acidez na água das cisternas antigas deve-se possivelmente à baixa disponibilidade de carbonato de cálcio constituinte do cimento. Grande parte ocorreu no período chuvoso e no pós-chuva, provavelmente devido à entrada de água com pH mais reduzido, diminuindo a capacidade-tampão da água.

Tabela 5.9 – Monitoramento mensal de acidez nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG

Coleta	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	
Cisterna	Acidez (mg CaCO ₃ /L)							
Novas	1	<1	<1	<1	6,7	1,7	<1	<1
	2	<1	<1	<1	<1	2,2	<1	-
	3	<1	<1	<1	<1	<1	2,5	<1
	4	<1	<1	2,0	4,2	<1	<1	-
	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4,2
	7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
	8	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Antigas	9	<1	<1	<1	<1	2,5	2,5	<1
	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
	11	<1	5,4	<1	<1	7,9	4,0	<1
	12	<1	2,3	4,7	<1	4,2	3,7	<1
	13	<1	NC ⁽¹⁾	<1	NC	6,2	3,7	2,5
	14	<1	4,5	4,7	<1	6,4	3,5	<1
	15	<1	5,9	NC	NC	4,2	3,7	<1
	16	<1	4,2	NC	NC	5,9	3,5	2,5

(1) NC: não-coletado.

5.2.2.4 Alcalinidade

Na Figura 5.12, estão os resultados de alcalinidade das cisternas (APÊNDICE H). Algumas cisternas antigas apresentaram os maiores valores no período de seca, baixando bruscamente no mês de chuva e mantendo-se reduzidos nos meses seguintes. Já as cisternas novas mantiveram constância entre os meses, reduzindo levemente na época de chuva, praticamente retornando ao que foi encontrado anteriormente nos meses de seca.

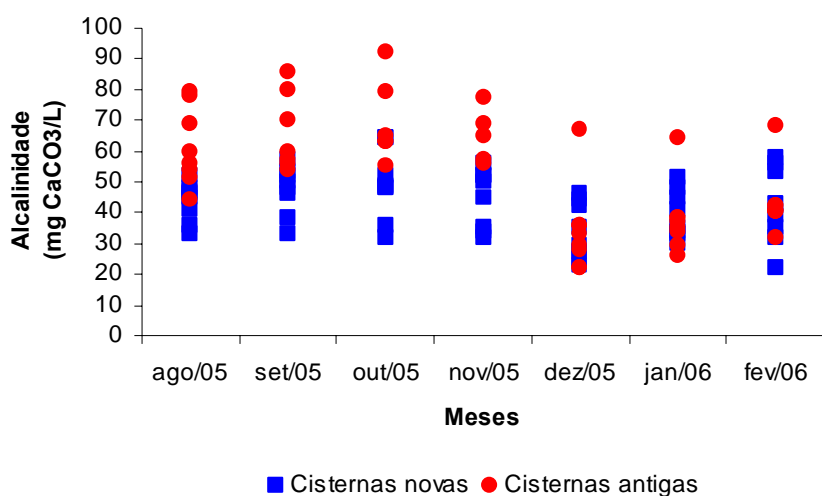


Figura 5.12 – Monitoramento mensal de alcalinidade nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

Como a média do pH da água de chuva armazenada em ambos os grupos de cisternas estava acima de 8,3, é possível afirmar que a alcalinidade encontrada é devido à presença tanto de carbonatos quanto de bicarbonatos (VON SPERLING, 1996), substâncias que estão presentes na constituição do cimento. Provavelmente eles foram disponibilizados na água pela ação da água de chuva, que entra na cisterna com pH mais reduzido, tornado-se agressiva às superfícies com as quais ela entra em contato e dissolvendo seus constituintes.

Esse fato pode demonstrar a elevada capacidade das cisternas novas em resistir às alterações de pH, provavelmente devido à maior presença de carbonatos/bicarbonatos ainda existentes na constituição do cimento. Acredita-se que situação contrária ocorra nas cisternas antigas, pois, por estarem armazenando água há mais anos, maior quantidade de (bi) carbonatos foi dissolvida, reduzindo a capacidade de tamponamento da água.

Essa diferença pode ser confirmada pela análise de variância (ANOVA) entre as médias das cisternas novas e antigas, com nível de significância de 5% (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de alcalinidade da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,03034	1	0,03034	5,547
Resíduo	0,07658	14	0,00547	

5.2.2.5 Dureza

A Figura 5.13 apresenta os resultados de dureza nas amostras de água de chuva armazenada nas cisternas (APÊNDICE I).

As cisternas antigas apresentaram os maiores valores de dureza, principalmente nos meses de seca. Grande parte de seus resultados nesse período esteve acima de 50 mg de CaCO₃/L, podendo ser considerada como de “dureza moderada” (VON SPERLING, 1996). Em alguns casos, essa desapareceu nos meses subsequentes à estação chuvosa, permanecendo praticamente constante entre dezembro e fevereiro.

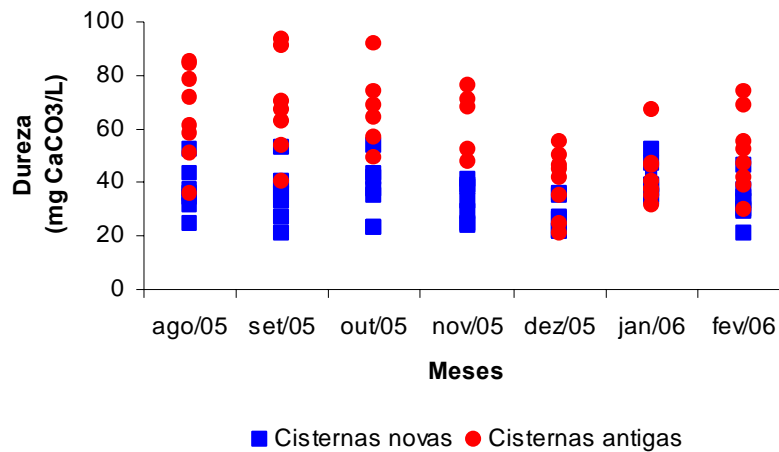


Figura 5.13 – Monitoramento mensal de dureza nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

As cisternas novas apresentaram comportamento similar ao das antigas, ou seja, valores elevados de dureza nos meses de seca, reduzindo na época de chuva e aumentando novamente em seguida, porém em números menores. Os resultados, em geral, estiveram abaixo de 50 mg CaCO₃/L, podendo a água ser considerada como “mole” (VON SPERLING, 1996).

Essa diferença entre as cisternas pode ser confirmada pela ANOVA a 5% de significância (Tabela 5.11), onde se comprova a superioridade dos valores de dureza na água armazenada nas cisternas antigas.

Tabela 5.11 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de dureza da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,16735	1	0,16735	22,200
Resíduo	0,10554	14	0,00754	

5.2.2.6 Nitrito e nitrato

Os resultados de nitrito e nitrato estão apresentados na Tabela 5.12 e na Figura 5.14, respectivamente.

Por ser instável, sendo logo oxidado a nitrato, praticamente não houve detecção de nitrito nas amostras. Ele surgiu em apenas cinco ocasiões nas cisternas novas e 11 nas antigas, principalmente nos meses em que houve precipitação pluviométrica, pela possível entrada de matéria orgânica carregada pela chuva.

Tabela 5.12 – Monitoramento mensal de nitrito nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG

Coleta	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06
Cisterna Amostra	Nitrito (mg/L)						
Novas	1	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	<0,005
	2	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	3	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	4	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	<0,005
	5	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	6	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	<0,005
	7	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	8	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antigas	9	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	10	<0,005	<0,005	0,012	<0,005	0,011	0,005
	11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	12	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	13	<0,005	NC ⁽¹⁾	<0,005	NC	<0,005	0,018
	14	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	0,005
	15	<0,005	0,009	NC	NC	<0,005	<0,005
	16	0,009	0,005	NC	NC	0,019	<0,005

(1) NC: não-coletado.

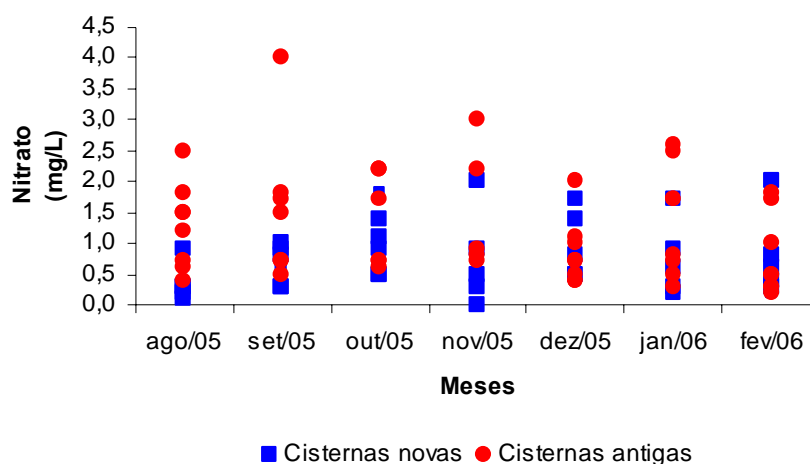


Figura 5.14 – Monitoramento mensal de nitrito nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

Já o nitrato foi detectado em ambos os grupos de cisternas, com maiores valores nas antigas, e apesar do comportamento heterogêneo no decorrer dos meses os picos apareceram na estação chuvosa. Exceção se fez na cisterna 15, onde o maior valor foi registrado em setembro, pois essa unidade se encontrava praticamente vazia e com os sedimentos em suspensão. Outro pico ocorreu na mesma cisterna em janeiro, por ter entrado, muito provavelmente, matéria orgânica juntamente com a água de chuva nos meses de novembro e janeiro (Figura 5.11).

Apesar da detecção, em nenhum momento o Valor Máximo Permitido (VMP) para nitrito e nitrato (APÊNDICE J) foi ultrapassado. Entretanto, a presença de matéria orgânica é indesejável na água para consumo humano, pois existe a possibilidade da formação de subprodutos do cloro no processo de desinfecção.

Mesmo com a heterogeneidade dos valores, com a análise de variância entre as médias de nitrato das cisternas novas e antigas e com limite de confiança de 95% (Tabela 5.13), confirmou-se a diferença entre os resultados dos dois grupos de cisternas, tendo a água armazenada nas cisternas antigas apresentad0 os maiores valores de nitrato.

Tabela 5.13 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias de nitrato da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	1,28283	1	1,28283	5,82789
Resíduo	3,08166	14	0,22012	

5.2.3 Metais

A análise de metais foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica com a concentração das amostras de 5 a 20 vezes, o que pode justificar o baixo limite de detecção para alguns metais, como ferro, chumbo e zinco.

5.2.3.1 Alumínio

Os resultados apresentados para o alumínio na Figura 5.15 (APÊNDICE L) não variaram muito entre as cisternas no decorrer do período de coleta, não havendo grandes alterações entre o período de seca e o de chuva. As cisternas novas apresentaram os maiores valores de alumínio, com picos em setembro.

Contudo, acredita-se que houve um erro analítico nesse mês em questão, pois, desconsiderando esses dados, as linhas do gráfico tornam-se mais lineares (Figura 5.16). As cisternas 9 e 10, por estarem localizadas na mesma comunidade onde estão as oito cisternas novas e por terem sido analisadas na mesma data, também apresentaram esse provável erro.

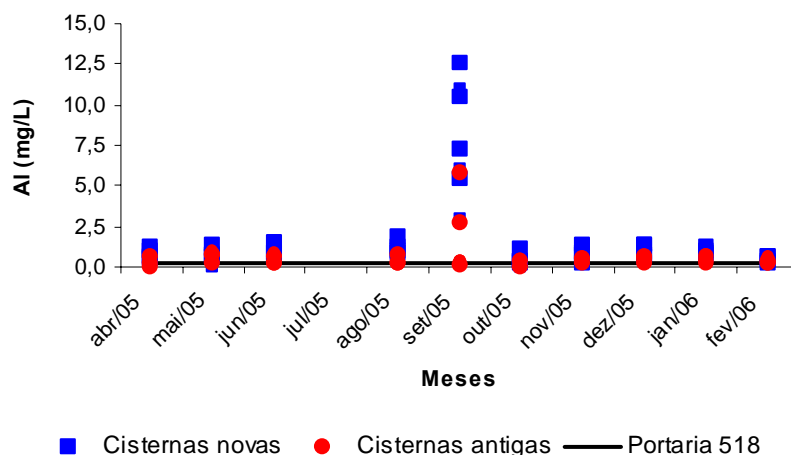


Figura 5.15 – Monitoramento mensal da concentração de alumínio nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

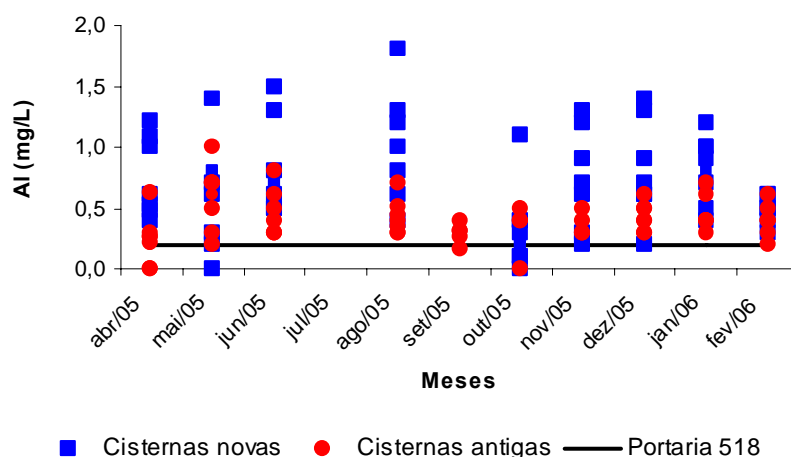


Figura 5.16 – Monitoramento mensal da concentração de alumínio na água de chuva armazenada em cisternas, com a exclusão dos dados de setembro (cisternas 1 a 10).

As cisternas novas e as antigas apresentaram apenas 10 e 9% dos dados dentro do padrão estabelecido pela Portaria 518 para alumínio, cujo VMP é de 0,2 mg/L (BRASIL, 2004a).

A análise estatística foi realizada sem os dados de setembro das cisternas de 1 a 10, pelo fato de terem sido considerados como erro analítico. A diferença existente entre as cisternas é evidenciada ao realizar a análise de variância das médias (ANOVA) (Tabela 5.14), comprovando que a água das cisternas novas possui valores de alumínio realmente superiores aos das antigas.

Tabela 5.14 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias da concentração de alumínio da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,198459	1	0,198459	10,11085
Resíduo	0,274797	14	0,019628	

Por estarem armazenando o primeiro ciclo de chuva, acredita-se que a dissolução dos metais presentes no cimento é mais elevada nas cisternas novas, o que não ocorre com as antigas. É provável que a “nata” de cimento aplicada como revestimento no interior da cisterna seja responsável pelo elevado teor de alumínio das cisternas novas, pois está sendo removida pelo primeiro ciclo de chuva armazenado. Nas cisternas antigas, essa “nata” já pode ter sido retirada em ciclos de chuva anteriores.

Contudo, o alumínio é um elemento de grande distribuição na crosta terrestre, podendo estar disponível na atmosfera, no solo da região e em outros locais do sistema de captação de água de chuva, além das superfícies de cimento. Para verificar se a procedência do alumínio foi realmente da dissolução do cimento, deveria ter sido realizada a medição do pH e a análise de alumínio da água da chuva antes de ter sido captada e armazenada pela cisterna. No entanto, verificou-se que essa alternativa não seria viável. O período chuvoso é incerto e os responsáveis pela coleta não poderiam permanecer muito tempo na zona rural, aguardando a precipitação. Havia apenas um aparelho para medição do pH, e sua operação é complexa para requisitar alguém da própria comunidade para realizá-la.

5.2.3.2 Sódio

O sódio foi analisado por estar presente na constituição do cimento, para verificar a potencial dissolução dos metais pela ação da água. Na Portaria 518, esse elemento faz parte do padrão de aceitação para consumo, não estando, portanto, associado a riscos à saúde. O Valor Máximo Permitido para o sódio é de 200 mg/L (BRASIL, 2004a).

Todas as cisternas atenderam ao VMP, pois o maior valor detectado foi 6,41 mg/L (cisterna 2, em novembro), ou seja, 30 vezes abaixo do estabelecido (Figura 5.17). Os valores mantiveram relativa constância ao longo dos meses de monitoramento para ambos os grupos de cisternas, surgindo picos apenas em novembro, onde ocorreu o início da estação chuvosa, onde houve a possível entrada de água com pH reduzido com maior potencial de dissolver as substâncias do cimento.

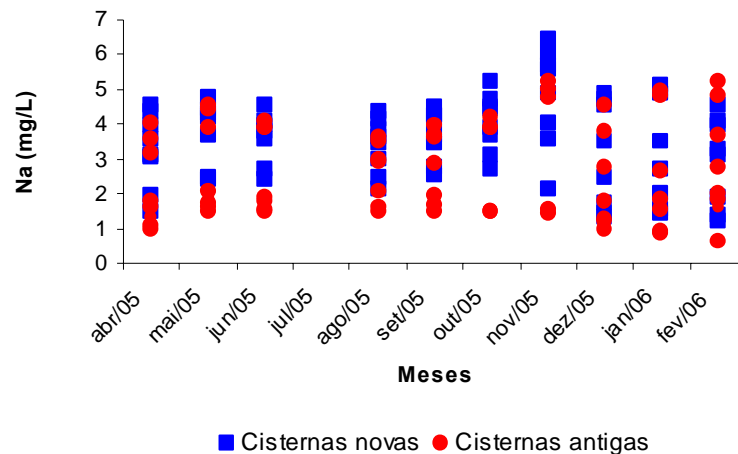


Figura 5.17 – Monitoramento mensal da concentração de sódio nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

Apesar da aparente similaridade entre os resultados das cisternas novas e antigas (APÊNDICE M), os testes estatísticos revelaram diferenças significativas, com valores mais baixos nas cisternas antigas (Tabela 5.15).

Tabela 5.15 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias da concentração de sódio da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,111127	1	0,111127	4,9715
Resíduo	0,312942	14	0,022353	

5.2.3.3 Ferro

Mais da metade dos resultados obtidos para ferro (57,5%) apresentou-se como “não-detectável” pela metodologia utilizada (APÊNDICE N), impossibilitando a análise estatística para verificar se houve diferença significativa entre as cisternas. Os dados apresentados na Figura 5.18 demonstraram distribuição heterogênea, com picos isolados.

O Valor Máximo Permitido para ferro pela Portaria 518 (BRASIL, 2004a) é de 0,3 mg/L. As cisternas 2 e 3 (novas) apresentaram valores próximos, porém inferiores ao VMP (em abril e em fevereiro, respectivamente). Apenas a amostra da cisterna 11 (antiga) apresentou valor superior ao VMP no mês de janeiro.

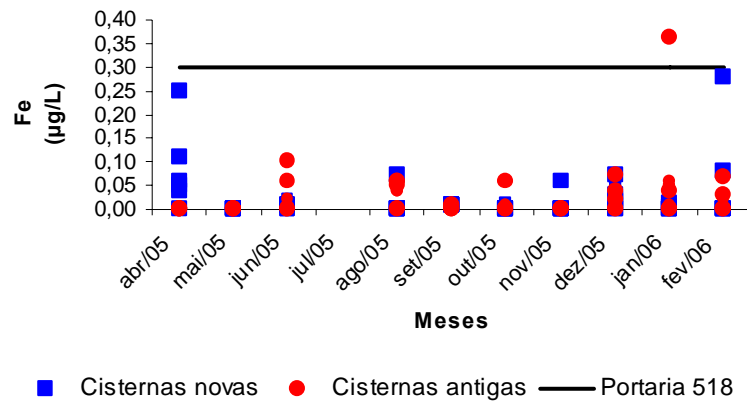


Figura 5.18 – Monitoramento mensal da concentração de ferro nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

5.2.3.4 Chumbo

O chumbo foi muito citado na literatura em grandes concentrações na água de chuva armazenada em cisternas. No entanto, o elemento não foi detectado nas amostras das comunidades rurais de Araçuaí. Na Tabela 5.16 estão os resultados das análises. Todos os dados foram apresentados como “<” (“menor que”), variando de <0,01 a <0,03 mg/L, devido à necessidade de concentração das amostras em diferentes números de vezes.

Tabela 5.16 – Monitoramento mensal da concentração de chumbo nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG

Coleta	Jun./05	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	
Cisterna	Chumbo (mg/L)								
Novas	1	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	2	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	3	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	4	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	5	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	6	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	7	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	8	NC	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
Antigas	9	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	10	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	11	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	12	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	13	<0,01	<0,02	NC ⁽¹⁾	<0,02	NC	<0,03	<0,02	<0,02
	14	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02
	15	<0,01	<0,02	<0,02	NC	NC	<0,03	<0,02	<0,02
	16	<0,01	<0,02	<0,02	NC	NC	<0,03	<0,02	<0,02

(1) NC: não-coletado.

Para a real detecção de chumbo em amostras de água de chuva armazenada em cisternas, recomenda-se a utilização de uma metodologia mais precisa, capaz de detectar traços de metais em água.

5.2.3.5 Zinco

Os valores detectados de zinco nas amostras, mostrados na Figura 5.16 (APÊNDICE O), estiveram bem abaixo do Valor Máximo Permitido pela Portaria 518 (BRASIL, 2004a), que é de 5 mg/L.

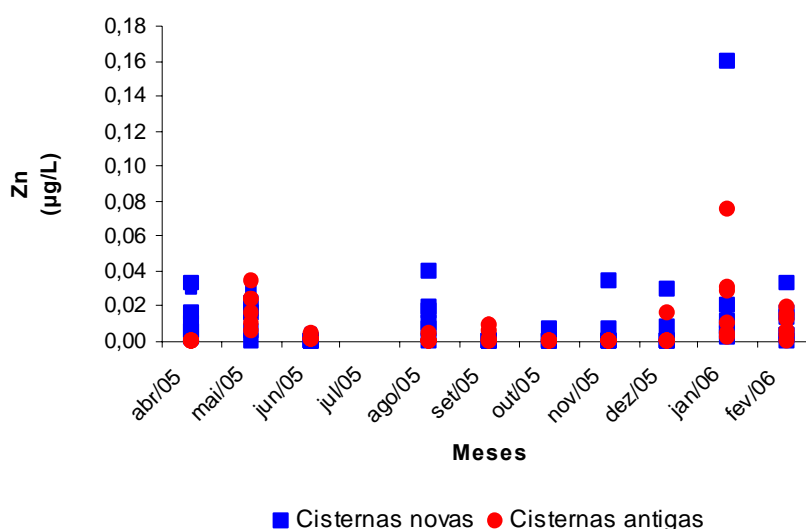


Figura 5.19 – Monitoramento mensal da concentração de zinco nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas novas e antigas, localizadas em Araçuaí-MG.

Os maiores valores foram encontrados nas cisternas novas, nos meses de abril, agosto, novembro e janeiro, isto é, sem obedecer a uma tendência temporal mais nítida. Apenas em maio e janeiro surgiram picos nas cisternas antigas. Por outro lado, não houve diferença significativa para o zinco entre as concentrações de zinco nas amostras coletadas nas cisternas novas e nas antigas (Tabela 5.19).

Tabela 5.17 – Análise de variância (ANOVA) realizada com as médias da concentração de zinco da água de chuva armazenada nos dois grupos de cisternas (novas e antigas)

Efeito	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Grupo	0,000103	1	0,000103	0,98422 ^{ns}
Resíduo	0,001467	14	0,000105	

(ns): não-significativo

6 CONCLUSÕES

Pela análise visual das cisternas construídas em Araçuaí, notou-se que pode ocorrer uma deterioração da estrutura no decorrer do tempo. Pela ação dos raios solares e do calor, as tampas de zinco empenaram, não vedando totalmente as cisternas. Deste modo, surge a possibilidade da entrada de sujeiras e de animais pela abertura formada, o que pode ter causado a contaminação da água de chuva. Encontrou-se também a presença de rachaduras em 52% das cisternas cadastradas em Araçuaí, com ou sem vazamentos, o que pode demonstrar uma fragilidade estrutural das placas de cimento. As cisternas novas ainda não apresentaram esse problema, mesmo porque possuem pouco tempo de construção. No entanto, por serem construídas com a mesma técnica e utilizando, teoricamente, os mesmos traços de cimento, há a preocupação de que esse fato possa ocorrer futuramente nas outras cisternas, estando sujeitas aos mesmos problemas e em maior proporção.

Uma hipótese para justificar esse elevado número de cisternas com vazamentos seria a constante dissolução de substâncias das superfícies de cimento (carbonato de cálcio, alumínio, sódio, ferro) pela ação corrosiva da água de chuva. Porém, para comprovar essa suposição seriam necessários estudos mais aprofundados, simulando os traços de cimento usados na construção das placas e o pH da chuva antes de entrar em contato com as superfícies do sistema de captação. Um estudo complementar seria testar outros tipos e marcas de cimento para verificar qual poderia apresentar maior resistência à potencial agressividade do pH da chuva.

O baixo atendimento dos processos de desinfecção da água e da limpeza periódica das cisternas foi fator encontrado que também pode comprometer a qualidade, principalmente microbiológica, da água de chuva armazenada em cisternas.

Considerando que o PIMC almeja construir 1 milhão de cisternas para auxiliar os brasileiros a conviverem com a escassez hídrica típica do semi-árido, o quadro encontrado no cadastro das cisternas localizadas no município de Araçuaí poderia representar sérios problemas para mais de 520 mil famílias que já possuem o sistema.

Além do aspecto construtivo, a educação sanitária dos proprietários das cisternas também demonstra ser uma importante ferramenta para a manutenção da qualidade da água. Ela deve ser feita de forma contínua e permanente, para tornar os cuidados com o sistema de captação e armazenamento e o manuseio da água parte da rotina da população, sendo realizados automaticamente, assim como são as outras atividades domésticas. É importante reforçar para

os moradores que são eles os principais responsáveis pela qualidade da água de chuva a ser consumida, que os cuidados são simples e não despedem muito tempo e, o mais importante, o quanto essas medidas podem trazer benefícios para a saúde de toda comunidade.

Portanto, para atender a esse objetivo, deve ser realizado um trabalho conjunto e intensivo por parte das ONGs responsáveis pela construção das cisternas com as autoridades públicas de maior acesso à população, no sentido de efetuar a vigilância da qualidade da água utilizada no meio rural e, principalmente, implementar ações que visem o esclarecimento dessa população, a fim de mudar seu comportamento (AMARAL *et al.*, 2003). A participação de profissionais da saúde, religiosos, professores, ONGs e lideranças locais nesse aspecto é de suma importância, pois são pessoas conhecidas e respeitadas no município, estando sempre em contato com a população do meio rural.

7 RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, recomenda-se:

Dar continuidade à pesquisa, aumentando o período de coletas e, ou, amostras, para verificar realmente quais as alterações que ocorrem na qualidade da água com o decorrer do tempo de armazenamento.

Analisar a água de chuva para constatação da presença de microrganismos patogênicos, principalmente os mais resistentes, e de outros metais pesados, além do chumbo.

Incluir barreiras sanitárias nas cisternas, como o dispositivo de desvio automático da água, e analisar a qualidade microbiológica da água de chuva, para verificar o grau de melhoria da qualidade da água com o acréscimo do dispositivo.

Estudar meios de facilitar a limpeza anual das cisternas, visto que foi verificado que essa é uma prática nem sempre realizada, pela insegurança de esvaziar totalmente as cisternas e de não haver chuva suficiente para abastecê-la posteriormente. Uma alternativa seria verificar a viabilidade da divisão interna das cisternas, resultando em dois “ambientes”, possibilitando a limpeza periódica.

Testar outros materiais para a produção de tampas e os modos de colocação nas cisternas, para evitar problemas da presença de frestas que podem servir de entrada de contaminantes.

Realizar estudo com o SODIS para verificar a ação sobre microrganismos mais resistentes, como o *Clostridium perfringens*, detectado nas amostras de água de chuva.

Realizar um estudo para verificar a possível liberação de metais do cimento pela água, com a utilização de corpos-de-prova feitos de outros tipos de cimento e água com o mesmo pH da água de chuva, simulando o que ocorre com as cisternas de placas durante o armazenamento de água de chuva. Nesse mesmo estudo, seria também possível pesquisar se a dissolução do cimento é realmente capaz de causar enfraquecimento da estrutura, resultando em trincas e vazamentos.

Por poder estar relacionada ao aumento da concentração de metais na água, verificar se a não-aplicação da “nata” de cimento acarretaria algum dano na estrutura da cisterna.

Buscar parcerias com órgãos de saúdes municipais e estaduais, para atuarem na vigilância da água de chuva consumida na zona rural, e reforçarem as noções de educação sanitária passadas para a população ao longo do tempo.

8 REFERÊNCIAS

ALABDULA'ALY, A.I.; KHAN, M.A. Chemistry of rain water in Riyadh, Saudi Arabia. *Archives of environmental contamination and toxicology*, v. 39, n. 1, p. 66-73, jun. 2000.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Rev. Saúde Pública*, v. 32, n. 2. São Paulo. Abril 1998

AMARAL, L.A.; FILHO, A.N.; ROSSI JR., O.D.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS, L.S.S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, ago. São Paulo, 2003.

AMBIENTE BRASIL. *Desertificação*. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 21 abr. 2006.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed.. Washington: APHA, 1998.

AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003. Juazeiro-BA: ABCMAC. *Resumos...* Juazeiro-BA: ABCMAC, 2003.

ANDRADE NETO, C.O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 2004. Natal-RN. *Resumos...* Natal-RN, ABES/APESB/APRH, 2004.

ARIYANANDA, T. Comparative Review of Drinking Water Quality from Different Rain Water Harvesting Systems in Sri Lanka In: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE: RAINWATER CATCHMENT: AN ANSWER TO THE WATER SCARCITY OF THE NEXT MILLENNIUM. Petrolina. Jul. 1999.

AYUB, O.; CASTRO, S.R.S.S.; REBELLO, G.A.O.; ZANELLA, L.; ALVES, W.C.; MARQUES, R.B. Aproveitamento de água de chuva em edificações: reflexões e necessidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina-PI: ABCMAC. *Resumos...* Teresina-PI: ABCMAC, 2005.

BARBOSA, A.G. Articulação no semi-árido brasileiro – ASA, ajudando a construir uma história de convivência a partir da captação e manejo da água de chuva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina-PI: ABCMAC. *Resumos...* Teresina-PI: ABCMAC, 2005.

BARROS, R.T.V. *et al. Saneamento*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221 p. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2). 1995.

BASAK, B.; ALAGHA, O. The chemical composition of rainwater over Büyükçeknece Lake, Istanbul. *Atmospheric Research*, v. 71, n. 4, p. 275-288, out. 2004.

BLACKBURN, D.M.; RETAMAL, Y.P.B.; LIMA, M.; JALFIM, F.; VIANA, A.A.; FARIAS JÚNIOR, M. Avaliação da contaminação microbiológica de água para consumo doméstico na região de atuação da Diaconia no semi-árido nordestino. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina-PI: ABCMAC. *Resumos...* Teresina-PI: ABCMAC, 2005.

BORTMAN, M.L. Trends in land use, sewage and stormwater and their relationship with coastal water quality in St. Thomas, U.S. Virgin Islands. Ph. Dissertation, State University of New York at Stony Brook, New York, 1997. In: SMITH, H. H.; FOK, Y. S.; HEITZ, L. F. Considerations for developing for rainwater catchment systems in the U.S. Virgin Islands. In: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE: RAINWATER CATCHMENT: AN ANSWER TO THE WATER SCARCITY OF THE NEXT MILLENNIUM. Jul. 1999.

BOX, G.E.P; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. *Statistics for experimenters. An introduction to design, data analysis, and model building.* John Wiley & Sons. 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 23 de março de 2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.* Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias_m/pm1518_2004.pdf>. Acesso em: 21 Maio. 2005. 2004a.

BRASIL. Presidência da República. *Fome Zero.* Projeto Cisternas: Cisternas – Articulação no Semi-Árido, 2004. Disponível em: <<http://www.fomezero.gov.br>>. Acesso em: 19 Maio. 2005. 2004b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.* Ago. 2004c.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. *Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do Polígono das Secas.* Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br>>. Acesso em: 01 nov. 2005a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Portal da Secretaria do Desenvolvimento Territorial.* 2005. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br>>. Acesso em: 13 dez. 2005b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Comentários sobre a Portaria MS N.º 518/2004: subsídios para implementação. Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Editora do Ministério da Saúde. Brasília. 2005c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. O mutirão que usa chuva para gerar renda. *Construção de cisternas transforma a vida de milhares de pessoas no semi-árido.* Disponível em: <<http://mds.gov.br/ascom/Fomezero/balanco.index.htm>>. Acesso em 29 Maio. 2006.

BRITO, L.T.; PORTO, E.R.; SILVA, A.S.; SILVA, M.S.L.; HERMES, L.C.; MARTINS, S.S. Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas das águas das cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA

PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina-PI: ABCMAC. *Resumos...* Teresina-PI: ABCMAC, 2005a.

BRITO, L.T.L.; ANJOS, J.B.; PORTO, E.R.; SILVA, A.S.; SOUZA, M.A.; XENOFONTE, G.H.S. Qualidade físico-química e bacteriológica das águas de cisternas no município de Ouricuri-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina-PI: ABCMAC. *Resumos...* Teresina-PI: ABCMAC, 2005b.

BURGESS, S. Solar disinfection of water (a case study from Kenya). In: PROCEEDINGS FROM THE 10th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. Mannheim, Alemanha. Setembro 2001.

CARDOSO, M.P., SILVA, C.V., PÁDUA, V.L. Captação de água de chuva em cisternas, verificação da potencial liberação de alumínio e seu efeito sobre a saúde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005. Campo Grande-MS: ABES. *Anais...* Campo Grande: ABES, Campo Grande-MS, 2005.

CENTRO POPULAR DE CULTURA E DESENVOLVIMENTO. Araçuaí: de UTI educacional à cidade educativa. Disponível em: <<http://www.cpcd.org.br/uti.htm>>. Acesso em: 16 dez. 2005.

CETESB. *Clostridium perfringens* – Determinação em amostras de água pela técnica de tubos múltiplos – Método de ensaio. São Paulo, 1993 (NT.L5.213).

CHANG, M.; McBROOM, M.W.; BEASLEY, R.S. Roofing as a source of nonpoint water pollution. *Journal of Environmental Management*, v. 73, 2004.

COOMBES, P.J.; DUSNTAN, H.; SPINKS, A.; EVANS, C.; HARRISON, T. An overview of a decade of research into the quality of rainwater supplies collected from roofs. In: PROCEEDINGS OF THE 12th INTERNATIONAL RAINWATER CISTERN SYSTEMS CONFERENCE. Índia, 2005.

CRASTA, F.M.; PATTA, F.; FASSÔ, C.A.; PUTZU, G. Carthaginian-roman cisterns in Sardinia. In: PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAIN WATER CISTERN SYSTEMS, Honolulu, Hawaii. p. 37-45, 1982.

CRABTREE, K.D., RUSKIN, R.H., SHAW, S.B., ROSE, J.B. The detection of cryptosporidium oocysts and giardia cysts in cistern water in the US Virgin Islands. *Water Research*, v. 30, n. 1, p. 208-216, jan. 1996.

DANIEL, L.A (coord). *et al.* Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. PROSAB, 2001.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS. Anexo II do acordo de cooperação técnica e financeira entre FEBRABAN e AP1MC. 31 maio 2003 Disponível em: <<http://www.febraban.org.br/arquivo/servicos/respsocial/acordo.pdf>>. Acesso em 23 Junho 2006

FLATEN, T.P. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis in drinking water. *Brain Research Bulletin*, v. 55, n. 2, p. 187-196, 15 maio 2001.

FOME ZERO – Site da sociedade brasileira em apoio ao Programa Fome Zero. Cisternas impulsionam transformações socioeconômicas no Semi-Árido brasileiro. Disponível em: <<http://www.fomezero.org.br/publicue/cgi/cgilua.exe/sys/ /start.htm?sid=2>>. Acesso em: 19 maio 2005.

FRANÇA, D.T. Abastecimento da população rural difusa do semi-árido do Nordeste do Brasil. In: PROCEEDINGS OF THE 11th IRCOSA CONFERENCE. México, 2003.

GAZZINELLI, A.; SOUZA, M.C.C.; NASCIMENTO, I.; SÁ, I.R.; CADETE, M.M.M.; KLOOS, H. Domestic water use in a rural village in Minas Gerais, Brazil, with an emphasis on spatial patterns, sharing of water, and factors in water use. *Caderno de Saúde Pública*, vol. 14, n. 2, abr./jun. Rio de Janeiro, 1998.

GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001. Campina Grande-PB, 2001b. (anais eletrônicos)

GNADLINGER, J. *Captação de água de chuva para uso doméstico e produção de alimentos: a experiência do Estado de Gansu no norte da China*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001. Campina Grande-PB, 2001a. (anais eletrônicos)

GNADLINGER, J. *Colheita de água de chuva em áreas rurais*. Livro eletrônico publicado em 2004. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>. Acesso em: 14 fev. 2006

GONDIM, R.S. *Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., Campina Grande-PB, 2001. (anais eletrônicos).

GOULD, J. Is rainwater safe to drink? A review of recent findings. In: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE: “Rainwater Catchment: An answer to the water scarcity of the next millennium”, Jul. 1999.

HEITZ, L.; RUMONG, L. Water water every where but I can't take a shower. In: PROCEEDINGS OF THE 11th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. México, 2003

HEYWORTH, J.S.; ROWE, T. Consumption of tank rainwater and influence of recent rainfall on the risk of gastroenteritis among young children in rural South Australia. In: PROCEEDINGS OF THE 12th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. Índia, 2005.

HU, G.P.; BALASUBRAMANIAN, R.; WU, C.D. Chemical characterization of rainwater at Singapore. *Chemosphere*, v. 51, n. 8, p. 747-755, junho. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*. 2000 Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 Abr. 2005.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *IPEADData*. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?79508640>>. Acesso em: 14 Out., 2005.

JALFIM, F.T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água de chuva em cisternas rurais na região semi-árida brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., Campina Grande-PB: ABCMAC, 2001 (anais eletrônicos)

JORNAL NACIONAL. *Sem saneamento*. Apresentada em 14/04/2006. Disponível em: <<http://www.globo.com/jornalnacional>> . Acesso em: 14 Abr. 2006

KIM, R.M.; LEE, S.; KIM, S.K.; KIM, J.O. Advanced treatment of rainwater using metal membrane combined with ozonation. In: PROCEEDINGS OF THE 11th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, México 2003.

KOPLAN, J.; DEEN, R.; SWANTSON, W. TOTA, B. Contaminated roof-collected rainwater as a possible cause of an outbreak of salmonellosis. *Journal of Hygiene Cambridge*, v. 8, p. 303-309, 1978. In: GOULD, J. Is rainwater safe to drink? A review of recent findings. In: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE: “Rainwater Catchment: An answer to the water scarcity of the next millennium”, Jul. 1999.

KRISHNA, J. Water quality standards for rainwater cistern systems. In: PROCEEDINGS OF THE 6th INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS. Nairobi, Kenya, p. 389-392, 1993.

KUN, Z., LINUS, Z., HART, W., LIU, M., CHEN, H. Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of northern China. *Journal of Arid Environments*, v. 57, n. 4, p. 487-505, jun. 2004

LEE, K.T., LEE, C.D., YANG, M.S., YU, C.C. Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems. *Journal of Agricultural Engineering of Research*, v. 77, n. 3, p. 343-348. 2000

LIMA, J.R. Desertificação no contexto da convivência com o Semi-Árido. Programa Salto para o Futuro. TV Escola. 16 jun. 2005. Disponível em: <www.tvebrasil.com.br/salto> . Acesso em: 21 abr. 2006

LIMA, A. O.; REGO, P. R. A. Avaliação da melhoria do acesso e da qualidade da água consumida em 13 comunidades rurais inseridos nos semi-áridos dos estados do RN, PE e MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina-PI.

LIMA, V.A.S.; BRONZATTO, L.A.; RIVERA, A.S.P.; LEITE, D.T.F.; NOGUEIRA, G.M. Gestão participativa de recursos hídricos no Vale do Jequitinhonha: estudo de caso – sub-bacia do Rio Calhauzinho. In: PROCEEDINGS OF THE 11th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. México, 2003.

LIMA, M.F., SOUSA, G.N.; ASSIS, J.A.; ARAÚJO, I.P. Captação da água de chuva integrada ao trabalho da Pastoral da Criança. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO

- DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001. Campina Grande-PB. Campina Grande-PB, 2001 (anais eletrônicos).
- LYE, D.J. Bacterial levels in cistern water systems of northern Kentucky. *Water Resources Bulletin*, v. 27, n. 6, dez. 1987.
- LYE, D. J. Microbial levels in cistern systems: acceptable or unacceptable. In: PROCEEDINGS OF THE 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAIN WATER CISTERN SYSTEMS. Keelung, Taiwan. 1991.
- LYE, D.J. Microbiology of rainwater cistern systems: a review. *Journal of Environmental Science and Health*, v. A27, n. 8, p. 2123-2166, 1992.
- MATIAS, J.A.B.; CAMPOS, J.D. Cisternas de placas pré-moldadas. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido3., 2001. Campina GrandePB, 2001. (anais eletrônicos)
- NIMER 1989. In: PEREIRA, A.M.; ALMEIDA, M.I.; LEITE, M.E. Considerações acerca da degradação ambiental no município de Araçuaí, no Vale do Jequitinhonha. *Unimontes Científica*, v. 5, n. 2, jul./dez., 2003.
- NTALE, H.K; MOSES, N. Improving the quality of harvested rainwater by using first flush interceptors/ retainers. In: PROCEEDINGS OF THE 11th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. México, 2003
- OLIVEIRA, R.B.; DUARTE, U.; MENEGASSE, L.N. Levantamento hidrogeológico da área de Araçuaí no Médio Vale do Jequitinhonha-MG. *Revista Águas Subterrâneas*, n. 16, Maio 2002.
- ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE. *La desinfección del agua*. Organização Mundial da Saúde, 1999.
- PINFOLD, J.V.; HORAN, N.J.; WIROJANAGUD, W.; MARA, D. The bacteriological quality of rainjar water in rural Northeast Thailand. *Water Research*, v. 27, n. 2, p. 297-302, 1993.
- PINTO, N.O.; HERMES, L.C. Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida por comunidades rurais do semi-árido do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA. 5., 2005. Teresina- PI: ABCMAC. *Resumos...* Teresina-PI: ABCMAC, 2005.
- PONTES, C.A.A.; SCHRAMM, F.R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. *Caderno de Saúde Pública*, v. 20, n. 5, Rio de Janeiro, Set/out. 2004
- REPUBLIC OF MALDIVES. Maldives Water and Sanitation Authority. Rainwater harvesting and its safety in Maldives – a pilot study in conducted in Laamu Atoll Gan, Maldives. In: PROCEEDINGS OF THE 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAIN WATER CISTERN SYSTEMS. India, 2005.

RUSKIN, R.H. Armazenagem de água em cisternas. 1ª parte: uma velha idéia para um mundo moderno. *Água Latinoamérica*, p. 13-16, Jul/ago., 2001a.

RUSKIN, R.H. Armazenagem de água em cisternas. 3ª parte: brindemos à sua saúde! *Água Latinoamérica*, p. 13-16. Jul/ago., 2001b.

SCHISTEK, H. A cisterna de tela e cimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., Campina Grande-PB, 2001 (anais eletrônicos)

SHARPE, W.E.; YOUNG, E.S. Occurrence of selected heavy metals in rural roof-catchment cistern systems. In: PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAIN WATER CISTERN SYSTEMS, Honolulu, Hawaii. p. 249-256, 1982. Disponível em: <<http://www.ircsa.org/1st.html>>. Acesso em: Dez. 2004

SICKERNMANN, J.M. A chuva – a solução que vem do céu. 3P Technik Brasil – Rainwater Section In: WSSCC Global Fórum 2000. 4 p. Foz do Iguaçu, 2000 In: GONDIM, R.S. *Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., Campina Grande-PB, 2001. (anais eletrônicos).

SIMMONS, G.; HEYWORTH, J. Assessing the microbial health risks of potable water. In: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE: RAINWATER CATCHMENT: AN ANSWER TO THE WATER SCARCITY OF THE NEXT MILLENNIUM. Jul. 1999.

SIMMONS, G.; HOPE, V.; LEWIS, G.; WHITMORE, J.; GAO, W. Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Research*, v. 35, n. 6, p. 1518-1524, abr. 2001

SMITH, H. H.; FOK, Y. S.; HEITZ, L. F. Considerations for developing for rainwater catchment systems in the U.S. Virgin Islands. In: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE: RAINWATER CATCHMENT: AN ANSWER TO THE WATER SCARCITY OF THE NEXT MILLENNIUM. Jul. 1999.

SOLAR WATER DISINFECTION. How does it work? Disponível em: <<http://www.sodis.ch/Text2002/T-Howdoesitwork.htm>>. Acesso em 15 jun. 2006.

SONDA, C.; BATISTA, K.B.M.; CAMPOS, J.D.; NETO, J.R.; SAMPAIO, O.B. A convivência da mulher com o semi-árido: a vida antes e depois das cisternas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001, Campina Grande-PB. 2001. (anais eletrônicos)

THOMAS, T. Choosing rainwater tanks for the sertão. In: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE: RAINWATER CATCHMENT: AN ANSWER TO THE WATER SCARCITY OF THE NEXT MILLENNIUM, Jul. 1999.

THOMAS, V. *O desafio da água*. O Globo. 24 março 2003. Disponível em: <<http://www.obancomundial.org>>. Acesso em: 7 maio 2006.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Emergency disinfection of drinking water*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/safewater>>. Acesso em: 23 ago 2006.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. 2. Ed. Taylor & Francis e-Library, London. 2004.

VILARREAL, E.L.; DIXON, A. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. *Building and Environment*, v. 40, n.9, p. 1174-1184, set. 2005

WIKIPEDIA. Lista de países por Índice de Desenvolvimento Humano. Disponível em <<http://www.pt.wikipedia.org>>. Acesso em 7 maio, 2006.

WIN, T.A.D.; SILVA, J.C. Bomba de bola de gude. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001. Campina Grande-PB. 2001. (anais eletrônicos)

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking water quality*. 3. Ed., Vol. 1: Recommendations, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Almost half the world's people have no acceptable means of sanitation. 22 Nov. 2000. Disponível em: <<http://www.who.int/inf-pr-2000/en/pr2000-73.html>>. Acesso em: 13 maio 2006.

WORLD RESOURCE INSTITUTE. Disponível em: <<http://www.forests.wri.org>>. Acesso em 2 maio 2006 .

YOUNG, E.S.; SHARPE, W.E. Atmospheric depositions and roof-catchment water quality. *Journal of Environmental Quality*, v. 13, n. 1, jan.-mar. 1984.

ZHANDE, E.S.S.; JONNALAGADA, S.B. Precipitation chemistry in Zimbabwe, Southern Africa *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Environmental Science and Engineering e Toxic and Hazardous Substance Control*, v. 31, n. 5, p. 977-993, may 1996.

APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO DAS CISTERNAS

Proprietário:		
Localização:		
Município:		
Data de construção:		
Número de usuários:		
Entrevistador:	Data:	Local:
1- Método Construtivo:		
Tipo de estrutura (quantos litros armazena?) _____). <input type="checkbox"/> Familiar <input type="checkbox"/> Coletiva <input type="checkbox"/> Ferro-cimento <input type="checkbox"/> Placas <input type="checkbox"/> Outra _____ <input type="checkbox"/> Não sei	Organização financiadora: <input type="checkbox"/> Visão Mundial <input type="checkbox"/> Cáritas <input type="checkbox"/> Fundo Cristão <input type="checkbox"/> Próprio morador	
Processo construtivo: <input type="checkbox"/> Mutirão <input type="checkbox"/> Individual <input type="checkbox"/> Particular <input type="checkbox"/> Outro _____	Falhas ou problemas na construção (vazamentos, trincas etc.): <input type="checkbox"/> Sim – Quais _____ <input type="checkbox"/> Não	
2 – Utilização		
Objetivo da estrutura: <input type="checkbox"/> Consumo Humano <input type="checkbox"/> Higiene Pessoal <input type="checkbox"/> Dessedentação de animais <input type="checkbox"/> Agricultura	Antes da cisterna, qual era a principal fonte de água utilizada? <input type="checkbox"/> Rios <input type="checkbox"/> Caminhão-pipa <input type="checkbox"/> Barreiros de salvação <input type="checkbox"/> Poços <input type="checkbox"/> Outros _____	
Quantos meses a água da cisterna dura para o consumo? <input type="checkbox"/> 6 meses <input type="checkbox"/> 7 meses <input type="checkbox"/> 8 meses ou mais _____	A água é consumida imediatamente após a chuva? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não – quanto tempo ____	
A água armazenada é suficiente para o abastecimento: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se não, qual outra fonte de água utilizada? <input type="checkbox"/> Rios <input type="checkbox"/> Caminhão-pipa <input type="checkbox"/> Barreiros de salvação <input type="checkbox"/> Poços <input type="checkbox"/> Outros _____	
Como a água é retirada da cisterna? <input type="checkbox"/> Manualmente (balde, vasilhas) <input type="checkbox"/> Mecanicamente (bombas) <input type="checkbox"/> Outros _____		
3 – Proteção Sanitária		
A cisterna recebe água de outra origem além das chuvas? <input type="checkbox"/> Sim – Qual _____ <input type="checkbox"/> Não	O que faz com a água das primeiras chuvas? <input type="checkbox"/> Joga fora – e de que forma: _____ <input type="checkbox"/> Não joga fora	
O telhado passa por limpeza e manutenção: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	A cisterna passa por limpeza e manutenção: <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim - como/periodicidade: _____ _____	

Continua...

APÊNDICE A, Cont.

<p>Existe algum tipo de tratamento antes do consumo?</p> <p>() Não () Sim – Qual?</p> <p>() Desinfecção química: produto _____</p> <p>() Fervura</p>	<p>A água é agradável para o consumo?</p> <p>() Sim () Não</p> <p>Por que: () gosto () turbidez</p> <p>() Outros _____</p>
<p>Existe algum tipo de acompanhamento/monitoramento e orientação de uso das estruturas?</p> <p>() Não</p> <p>() Sim – por quem: _____</p> <p>Como: _____</p> <p>Com que frequência: _____</p>	<p>Você acha importante que haja acompanhamento/monitoramento das cisternas?</p> <p>() Sim</p> <p>() Não</p> <p>Por que? _____</p>
4 – Percepção Social	
<p>A sua vida melhorou depois da implantação das cisternas?</p> <p>() Sim () Não</p> <p>Por que: _____</p>	<p>Você acredita que o número de casos de verminoses, diarreias e outros males de origem hídrica com a utilização das cisternas:</p> <p>() Aumentou () Diminuiu () Não mudou</p>
<p>Observações:</p> <p>- Fazer inspeção visual</p> <p>- Falar do programa de rádio</p>	

APÊNDICE B – MONITORAMENTO MENSAL DE COLIFORMES TOTAIS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média		Desvio-Padrão		
Cisterna Amostra	Coliformes totais (NMP/100 mL)							Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo	
Novas	1	1,50E+02	8,10E+02	2,40E+03	3,60E+02	2,20E+02	2,30E+01	>2,4E+03	6,61E+02		8,94E+02	
	2	2,00E+00	2,40E+01	5,20E+00	5,50E+01	2,10E+02	3,50E+01	>2,4E+03	5,52E+01		7,83E+01	
	3	1,70E+01	6,30E+00	3,10E+00	2,80E+01	3,80E+01	5,20E+00	9,80E+02	1,54E+02	4,8E+02	3,64E+02	
	4	1,20E+01	2,30E+02	4,30E+02	1,20E+02	6,10E+02	6,80E+02	9,80E+02	4,37E+02		3,43E+02	
	5	1,00E+00	1,70E+02	1,10E+02	2,60E+02	2,90E+02	2,30E+01	1,20E+03	2,93E+02		4,14E+02	
	6	3,20E+02	5,40E+02	2,40E+03	2,40E+03	7,60E+01	4,20E+01	1,40E+02	8,45E+02		1,08E+03	
	7	1,00E+00	8,60E+00	5,20E+00	>2,4E+03	>2,4E+03	5,50E+02	>2,4E+03	1,41E+02		2,73E+02	
	8	1,28E+03	9,80E+02	2,40E+03	>2,4E+03	1,50E+02	8,40E+02	2,00E+03	1,28E+03		8,16E+02	
9	6,80E+02	2,70E+02	1,50E+01	2,70E+02	1,50E+01	3,40E+01	>2,4E+03	2,14E+02	2,59E+02			
10	1,20E+03	6,50E+02	7,30E+02	2,40E+02	>2,4E+03	6,30E+00	>2,4E+03	5,65E+02	4,62E+02			
Antigas	11	>2,4E+03	>2,4E+03	2,50E+03	6,50E+03	1,90E+03	>2,4E+03	1,40E+02	2,76E+03		2,69E+03	
	12	9,80E+01	2,40E+03	1,30E+03	2,40E+03	2,40E+03	>2,4E+03	2,40E+03	1,83E+03	3,7E+03	9,57E+02	
	13	1,20E+03	NC ⁽¹⁾	8,70E+02	5,20E+02	8,60E+02	1,40E+03	1,50E+01	8,11E+02		4,94E+02	#DIV/0!
	14	>2,4E+03	>2,4E+03	>2,4E+03	2,30E+04	>2,4E+03	>2,4E+03	>2,4E+03	2,30E+04		#DIV/0!	
	15	>2,4E+03	>2,4E+03	NC	NC	1,10E+02	3,10E+00	1,10E+01	4,14E+01		5,96E+01	
	16	>2,4E+03	>2,4E+03	NC	NC	>2,4E+03	1,30E+02	9,20E+02	5,25E+02		5,59E+02	

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE C – MONITORAMENTO MENSAL DE *Escherichia coli* NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média	Desvio-Padrão		
Cisterna	Amostra	<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)						Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo	
Novas	1	6,20E+00	<1,0E+00	2,00E+00	2,00E+00	2,00E+00	<1,0E+00	4,10E+00	3,26E+00	1,88E+00	277,3	
	2	<1,0E+00	<1,0E+00	<1,0E+00	<1,0E+00	2,00E+00	<1,0E+00	<1,0E+00	2,00E+00	1,0E+02		
	3	1,10E+01	3,10E+00	<1,0E+00	1,00E+00	<1,0E+00	1,00E+00	<1,0E+00	4,03E+00			4,75E+00
	4	1,00E+00	<1,0E+00	2,00E+00	<1,0E+00	1,00E+00	<1,0E+00	7,40E+00	2,85E+00			3,07E+00
	5	<1,0E+00	1,40E+01	2,00E+00	3,90E+01	2,40E+01	<1,0E+00	4,30E+01	2,44E+01			1,71E+01
	6	<1,0E+00	3,10E+00	1,20E+03	3,20E+01	1,00E+00	<1,0E+00	1,00E+00	2,47E+02			5,33E+02
	7	<1,0E+00	<1,0E+00	<1,0E+00	1,20E+03	1,60E+02	<1,0E+00	3,40E+01	4,65E+02			6,40E+02
	8	<1,0E+00	6,30E+00	8,20E+01	2,10E+01	<1,0E+00	<1,0E+00	2,40E+02	8,73E+01			1,07E+02
Antigas	9	6,00E+01	3,10E+00	2,00E+00	8,50E+01	<1,0E+00	<1,0E+00	1,70E+02	6,40E+01		6,94E+01	2055,4
	10	1,60E+01	8,20E+01	2,80E+01	3,00E+01	1,00E+00	<1,0E+00	1,00E+00	2,63E+01	3,00E+01		
	11	1,30E+03	2,40E+03	7,40E+01	1,50E+03	2,40E+01	1,20E+02	8,40E+00	7,75E+02	9,59E+02		
	12	4,10E+00	1,10E+02	2,30E+01	4,30E+01	2,80E+01	2,60E+01	8,30E+01	4,53E+01	3,76E+01		
	13	2,40E+02	NC ⁽¹⁾	1,80E+02	1,10E+02	3,10E+00	3,00E+01	<1,0E+00	1,13E+02	9,95E+01		
	14	2,90E+02	2,40E+02	>2,4E+03	1,40E+04	8,10E+02	6,30E+00	<1,0E+00	3,07E+03	6,12E+03		
	15	9,80E+02	1,70E+03	NC	NC	2,80E+01	<1,0E+00	<1,0E+00	9,03E+02	8,39E+02		
	16	1,70E+03	2,40E+03	NC	NC	1,20E+01	5,20E+00	4,10E+00	8,24E+02	1,15E+03		

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE D – MONITORAMENTO MENSAL DE ORGANISMOS HETEROTRÓFICOS (CONTAGEM HETEROTRÓFICA) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média	Desvio-Padrão		
Cisterna	Amostra	Contagem Heterotrófica (UFC/mL)							Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	100	53	>300	123	14	13	280	97,17		100,05	
	2	40	38	130	4	14	9	71	43,71		44,54	
	3	31	299	219	21	55	52	1070	249,57		377,14	
	4	52	14	270	10	13	77	>300	72,67	142,18	100,31	107,87
	5	96	209	300	9	183	10	>300	134,50		116,64	
	6	43	18	183	7	510	20	10	113,00		185,71	
	7	238	8	81	38	300	136	190	141,57		107,25	
	8	278	214	300	84	271	40	810	285,29		252,18	
Antigas	9	120	449	>300	141	14	24	200	158,00		159,29	
	10	42	390	890	>300	209	101	220	308,67		308,74	
	11	236	63	360	630	190	760	35	324,86		277,60	
	12	228	103	104	670	>300	810	1870	630,83	441,38	676,40	246,40
	13	241	NC ⁽¹⁾	390	137	82	690	14	259,00		248,79	
	14	163	250	1980	>300	1920	690	>300	1000,60		889,66	
	15	1000	94	NC	NC	400	320	30	368,80		384,73	
	16	380	1220	NC	NC	280	>300	41	480,25		513,26	

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE E – MONITORAMENTO MENSAL DE *Clostridium perfringens* NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta	Ago./05		Set./05		Out./05		Nov./05		
	<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100 mL)								
Cisterna	Amostra	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo
Novas	1	NR ⁽¹⁾	NR	>8	<1,1	>8	>8	240,0	21,0
	2	NR	NR	1,1	1,1	>8	>8	7,2	3,6
	3	NR	NR	4,6	2,6	>8	>8	460,0	240,0
	4	NR	NR	8,0	8,0	>23	5,1	460,0	460,0
	5	NR	NR	>8	1,1	>8	2,6	1100,0	7,4
	6	NR	NR	>8	8,0	>23	1,1	460,0	150,0
	7	NR	NR	>8	8,0	12,0	12,0	0,9	0,9
	8	NR	NR	>8	>8	>23	2,2	240,0	0,9
Antigas	9	NR	NR	>8	>8	16,1	16,1	150,0	43,0
	10	NR	NR	>8	>8	12,0	12,0	460,0	460,0
	11	>8	>8	>8	>8	>23	>23	>23	>23
	12	>8	>8	>8	>8	>23	23,0	>23	>23
	13	>8	>8	NC ⁽²⁾	NC	>23	12,0	NC	NC
	14	>8	>8	>8	>8	>23	>23	>23	>23
	15	>8	>8	>8	>8	NC	NC	NC	NC
	16	>8	>8	>8	>8	NC	NC	NC	NC

(1) NR: não-realizado.

(2) NC: não-coletado.

Continua...

APÊNDICE E, Cont.

Coleta		Dez./05		Jan./06		Fev./06		Média		Desvio-Padrão	
<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100 mL)											
Cisterna	Amostra	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	240,0	13,0	210,0	210,0	>16	>16	74,67	24,75	117,36	56,20
	2	<3,0	<3	<2,2	<2,2	3,6	3,6	2,80		1,13	
	3	460,0	11,0	20,0	7,4	<2,2	<2,2	7,13		4,01	
	4	<3,0	<3	2,2	2,2	15,0	15,0	7,07		6,93	
	5	240,0	3,6	240,0	23,0	7,4	7,4	9,75		8,97	
	6	240,0	3,6	210,0	<3	240,0	9,2	6,27		2,81	
	7	<3,0	<3,0	2,2	2,2	>16	>16	4,60		3,39	
	8	1100,0	<3,0	460,0	9,2	240,0	240,0	85,73		133,60	
Antigas	9	7,2	3,6	2,2	2,2	2,2	2,2	4,25	377,85	3,23	751,19
	10	1100,0	150,0	23,0	9,2	43,0	43,0	53,05		66,52	
	11	1100,0	460,0	210,0	62,0	9,2	3,6	134,15		218,78	
	12	1100,0	1100,0	930,0	210,0	43,0	20,0	335,50		517,82	
	13	1100,0	460,0	430,0	430,0	43,0	23,0	231,50		246,87	
	14	>1100	1100,0	4600,0	4600,0	<3	<3	1904,67		2396,55	
	15	>1100	>1100	74,0	74,0	93,0	21,0	36,67		32,47	
	16	>1100	>1100	930,0	930,0	64,0	23,0	323,00		525,69	

APÊNDICE F – MONITORAMENTO MENSAL DE ESTREPTOCOCOS FECAIS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADAS NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ, MG

Coleta	Ago./05		Set./05		Out./05		Nov./05		
	Estreptococos fecais (NMP/100 mL)								
Cisterna	Amostra	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo
Novas	1	>8	8,0	2,6	2,6	<1,1	<1,1	1,1	1,1
	2	2,6	1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
	3	1,1	1,1	2,6	2,6	<1,1	<1,1	8,0	8,0
	4	1,1	<1,1	2,6	2,6	1,1	1,1	<1,1	<1,1
	5	>8	4,6	>8	1,1	<1,1	<1,1	4,6	4,6
	6	8,0	<1,1	2,6	2,6	<1,1	<1,1	>8	>8
	7	4,6	1,1	<1,1	<1,1	8,0	8,0	2,6	2,6
	8	1,1	1,1	2,6	2,6	1,1	1,1	1,1	1,1
Antigas	9	2,6	2,6	1,1	1,1	<1,1	<1,1	>8	>8
	10	>8	>8	4,6	4,6	8,0	8,0	>8	>8
	11	>8	>8	2,6	2,6	>8	>8	1,1	1,1
	12	>8	>8	<1,1	<1,1	8,0	8,0	<1,1	<1,1
	13	>8	>8	NC ⁽¹⁾	NC	>8	>8	NC	NC
	14	>8	>8	1,1	1,1	>8	8,0	4,6	4,6
	15	>8	>8	8,0	8,0	NC	NC	NC	NC
	16	>8	>8	2,6	2,6	NC	NC	NC	NC

(1) NC: não-coletado.

Continua...

APÊNDICE F, Cont.

Coleta		Dez./05		Jan./06		Fev./06		Média		Desvio-Padrão	
<i>Streptococcus fecalis</i> (NMP/100 mL)											
Cisterna	Amostra	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Presuntivo	Confirmativo	Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	<1,1	<1,1	>8	>8	>16	>16	1,00	4,25	#DIV/0!	#DIV/0!
	2	1,1	1,1	>8	5,1	4,6	<1,1	2,73		2,10	
	3	<1,1	<1,1	8,0	1,1	8,0	8,0	4,03		3,56	
	4	2,6	2,6	<1,1	<1,1	>8	>8	3,30		0,99	
	5	>8	>8	5,1	2,2	>16	>16	3,60		1,98	
	6	<1,1	<1,1	>8	<1,1	4,6	2,6	4,30		2,40	
	7	<1,1	<1,1	>8	>8	>16	>16	7,00		#DIV/0!	
	8	<1,1	<1,1	>8	8,0	>8	>8	8,00		0,00	
Antigas	9	<1,1	<1,1	4,6	1,1	>8	>8	5,05	8,81	5,59	2,63
	10	4,6	4,6	2,6	<1,1	>8	4,6	6,40		3,12	
	11	>8	>8	9,2	9,2	5,1	2,2	7,47		4,65	
	12	>8	>8	9,2	9,2	5,1	9,2	10,13		1,62	
	13	8,0	8,0	2,2	2,2	2,2	<2,2	7,73		5,40	
	14	>8	>8	>16	9,2	<2,2	<2,2	11,60		3,39	
	15	2,6	1,1	5,1	2,2	>16	>16	6,10		7,73	
	16	>8	>8	>16	16,0	>16	>16	16,00		0,00	

APÊNDICE G – MONITORAMENTO MENSAL DE pH NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Média		Desvio-Padrão	
Cisterna	Amostra	pH					Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	8,95	8,77	8,65	6,51	7,80	8,1	8,4	1,01	0,3
	2	9,00	8,82	8,74	6,45	7,80	8,2		1,06	
	3	9,86	9,60	9,55	6,91	8,20	8,8		1,25	
	4	8,95	8,73	8,70	7,58	8,20	8,4		0,55	
	5	9,29	8,88	8,96	7,04	8,20	8,5		0,89	
	6	9,10	8,84	8,88	7,20	7,80	8,4		0,82	
	7	9,00	8,68	8,58	7,46	8,20	8,4		0,59	
	8	9,38	9,10	9,09	5,98	8,20	8,4		1,40	
Antigas	9	8,84	8,72	8,72	7,17	7,80	8,3	8,3	0,73	0,2
	10	9,20	8,85	8,68	7,23	8,20	8,4		0,76	
	11	8,58	8,60	8,60	8,59	7,80	8,4		0,35	
	12	8,67	8,60	8,59	8,65	7,80	8,5		0,37	
	13	8,67	NC ⁽¹⁾	8,63	8,53	7,80	8,4		0,41	
	14	8,58	8,70	8,44	8,54	7,20	8,3		0,62	
	15	8,39	8,30	NC	NC	7,20	8,0		0,66	
	16	8,39	8,40	NC	NC	7,60	8,1		0,46	

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE H – MONITORAMENTO MENSAL DE ALCALINIDADE NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média		Desvio-Padrão	
Cisterna	Amostra	Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)							Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	48	53	64	34	27	34	43	43,3		12,80	
	2	46	50	49	50	42	45	53	47,9		3,72	
	3	36	33	32	32	25	30	32	31,4		3,36	
	4	41	46	48	45	29	35	35	39,9	41,9	7,03	3,5
	5	33	38	36	35	23	33	39	33,9		5,30	
	6	47	52	52	52	35	41	22	43,0		11,31	
	7	52	57	64	56	46	51	58	54,9		5,79	
	8	45	48	48	52	44	48	56	48,7		4,11	
9	51	57	55	56	33	38	40	47,1	9,89			
10	44	54	63	57	22	29	41	44,3	14,99			
11	69	70	79	77	67	64	68	70,6	5,44			
Antigas	12	56	60	65	65	36	35	40	51,0	47,4	13,54	8,4
	13	78	NC ⁽¹⁾	92	NC	29	34	40	54,6		28,46	
	14	54	56	63	69	36	38	42	51,1		12,76	
	15	60	80	NC	NC	22	26	32	44,0		25,02	
	16	79	86	NC	NC	28	37	42	54,4		26,25	

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE I – MONITORAMENTO MENSAL DE DUREZA NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média	Desvio-Padrão		
Cisterna	Amostra	Dureza (mg CaCO ₃ /L)							Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	52	53	54	39	36	52	37	46,1	34,7	6,37	1,6
	2	38	39	39	34	36	43	45	39,1			
	3	31	27	23	24	22	34	33	27,7			
	4	34	36	35	29	26	37	30	32,4			
	5	37	38	37	38	22	39	29	34,3			
	6	36	33	42	33	27	39	21	33,0			
	7	43	40	43	41	35	47	46	42,1			
	8	25	21	23	25	22	35	34	26,4			
Antigas	9	51	54	57	48	35	35	39	45,6	51,1	24,33	8,3
	10	36	40	49	52	21	37	30	37,9			
	11	72	70	74	76	55	67	74	69,7			
	12	58	67	64	68	50	37	47	55,9			
	13	84	NC ⁽¹⁾	92	NC	42	40	52	62,0			
	14	61	63	69	71	45	47	55	58,7			
	15	78	91	NC	NC	25	31	42	53,4			
	16	85	93	NC	NC	46	46	69	67,8			

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE J – MONITORAMENTO MENSAL DE NITRATO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média		Desvio-Padrão	
Cisterna	Amostra	Nitrato (mg/L)							Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	0,9	1	1,4	2,0	1,7	1,7	0,3	1,3	0,8	0,69	0,2
	2	0,3	0,8	0,9	0,5	0,8	0,6	0,6	0,6			
	3	0,1	0,3	1,8	<0,1	0,4	0,3	0,4	0,6			
	4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4	0,4			
	5	0,1	0,3	0,5	<0,4	0,5	0,3	2,0	0,6			
	6	0,1	0,6	0,8	0,4	0,7	0,4	0,2	0,5			
	7	0,2	0,7	0,6	0,5	0,8	0,6	0,5	0,6			
	8	0,2	0,9	1,1	0,9	1,4	0,9	0,8	0,9			
Antigas	9	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,3	0,6	1,1	0,76	0,4
	10	0,7	0,7	0,7	0,9	0,4	0,3	0,2	0,6			
	11	1,5	1,5	1,7	2,2	1,1	1,7	1,7	1,6			
	12	0,4	0,5	0,6	0,8	0,4	2,5	0,5	0,8			
	13	1,5	NC ⁽¹⁾	2,2	NC	1,0	0,8	1,0	1,3			
	14	1,8	1,8	2,2	3,0	2,0	1,7	1,8	2,0			
	15	2,5	4,0	NC	NC	0,5	2,6	0,3	2,0			
	16	1,2	1,7	NC	NC	0,7	0,7	0,5	1,0			

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE L – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Abr./05	Mai./05	Jun./05	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média	Desvio-Padrão		
Cisterna	Amostra	Alumínio (mg/L)										Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	0,61	0,70	0,80	1,00	5,40	0,40	0,20	0,70	0,90	0,3	1,1	1,53		
	2	0,52	<0,20	0,50	0,40	2,90	0,10	0,30	0,20	0,40	0,5	0,6	0,86		
	3	0,47	0,60	0,60	0,80	7,30	0,40	0,90	0,60	0,70	0,6	1,3	2,11		
	4	1,09	0,30	1,30	1,30	10,90	<0,1	1,20	0,90	1,00	0,5	2,1	3,34		
	5	1,21	1,40	1,50	1,80	12,60	1,10	0,70	1,40	1,20	0,4	2,3	3,63		
	6	1,12	0,80	0,70	0,80	6,00	0,20	0,70	0,70	0,80	0,3	1,2	1,70		
	7	0,40	0,20	0,50	0,60	5,40	0,10	0,60	0,60	0,50	0,5	0,9	1,58		
	8	1,00	NC ⁽¹⁾	NC	1,20	10,50	0,30	1,30	1,30	1,00	0,6	2,2	3,39		
Antigas	9	0,26	0,20	0,30	0,30	2,70	0,40	0,30	0,30	0,30	0,20	0,5	0,77		
	10	0,62	0,70	0,60	0,70	5,80	<0,1	0,50	0,50	0,60	0,30	1,1	1,75		
	11	0,30	0,50	0,80	0,39	0,31	0,40	0,30	0,40	0,40	0,40	0,4	0,15		
	12	0,22	0,70	0,40	0,51	0,31	0,50	0,40	0,30	0,40	0,40	0,4	0,13		
	13	0,20	0,60	0,30	0,32	NC	0,40	NC	0,30	0,30	0,30	0,3	0,12		
	14	<0,14	0,30	0,30	0,45	0,39	0,40	0,30	0,40	0,40	0,50	0,4	0,07		
	15	0,27	1,00	0,50	0,34	0,26	NC	NC	0,50	0,70	0,60	0,5	0,25		
	16	<0,14	0,70	0,30	0,29	0,17	NC	NC	0,60	0,40	0,40	0,4	0,18		

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE M – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Abr./05	Mai./05	Jun./05	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média	Desvio-Padrão		
Cisterna	Amostra	Sódio (mg/L)										Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	1,48	2,43	2,68	2,46	2,74	3,10	2,12	1,33	1,56	3,29	2,3	3,6	0,346	0,68
	2	4,38	4,79	4,53	4,35	4,46	5,20	6,41	4,86	4,85	4,56	4,8			0,61
	3	1,97	2,47	2,39	2,12	2,53	2,70	3,54	1,75	1,99	1,39	2,3			0,59
	4	3,58	3,65	3,54	3,00	3,43	3,70	4,01	2,46	2,72	1,90	3,2			0,66
	5	3,02	4,32	3,98	3,59	4,27	4,70	6,01	1,44	1,45	1,21	3,4			1,60
	6	3,97	4,44	4,09	3,85	4,06	4,50	5,54	3,49	3,50	3,10	4,1			0,68
	7	3,12	4,17	3,81	3,44	3,67	3,90	4,90	4,72	5,10	4,09	4,1			0,64
	8	4,55	NC ⁽¹⁾	NC	4,15	4,23	4,40	5,69	4,54	4,90	3,96	4,6			0,54
Antigas	9	3,54	4,51	4,10	3,61	3,70	4,20	4,99	4,56	4,95	3,68	4,2	2,5	0,450	0,55
	10	4,03	4,42	3,93	3,00	3,64	3,90	4,78	0,99	0,84	0,63	3,0			1,59
	11	3,17	3,90	3,89	3,50	3,94	3,90	5,24	3,76	4,83	4,80	4,1			0,65
	12	1,07	1,60	1,54	1,52	1,65	1,50	1,43	2,74	2,66	2,76	1,8			0,62
	13	1,30	1,88	1,77	1,56	NC	1,50	NC	1,70	1,50	1,63	1,6			0,18
	14	1,77	1,74	1,79	1,60	1,52	1,50	1,54	1,20	0,90	5,20	1,9			1,20
	15	0,99	1,50	1,52	2,06	2,87	NC	NC	1,25	1,84	1,98	1,8			0,58
	16	1,59	2,04	1,90	2,91	1,96	NC	NC	1,76	1,53	1,85	1,9			0,43

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE N – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE FERRO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Abr./05	Mai./05	Jun./05	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média		Desvio-Padrão	
Cisterna	Amostra	Ferro (mg/L)										Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	0,110	<0,01	0,010	0,07	0,007	<0,007	<0,007	0,030	<0,05	<0,007	0,045		0,044	
	2	0,250	<0,01	0,010	<0,05	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,05	<0,007	0,089		0,139	
	3	0,050	<0,01	0,010	<0,05	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,05	0,276	0,086		0,128	
	4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	0,007	<0,007	0,057	0,020	<0,05	<0,007	0,028		0,026	
	5	<0,01	<0,01	0,02	<0,05	0,007	0,014	<0,007	0,055	<0,05	<0,007	0,024	0,046	0,021	0,048
	6	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	0,007	<0,007	<0,007	0,017	0,032	0,077	0,033		0,031	
	7	0,061	<0,01	0,010	<0,05	0,007	<0,007	<0,007	0,016	0,005	0,079	0,030		0,032	
	8	0,040	NC ⁽¹⁾	NC	<0,05	0,007	<0,007	<0,007	0,070	0,011	<0,007	0,032		0,029	
Antigas	9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	0,007	<0,007	<0,007	0,019	<0,005	0,029	0,018		0,011	
	10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,005	<0,007	0,007			
	11	<0,01	<0,01	0,06	0,06	<0,007	<0,007	<0,007	0,039	0,361	0,069	0,118		0,136	
	12	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,007	0,01	<0,007	<0,007	0,05	<0,005	0,033		0,021	
	13	<0,01	<0,01	0,010	0,04	NC	<0,007	NC	<0,007	0,01	0,023	0,021	0,046	0,014	0,046
	14	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,007	0,061	<0,007	<0,007	<0,005	<0,005	0,056		0,008	
	15	<0,01	<0,01	0,1	0,06	<0,007	NC	NC	0,073	0,039	<0,005	0,068		0,026	
	16	<0,01	<0,01	0,02	0,06	<0,007	NC	NC	<0,007	0,06	<0,005	0,047		0,023	

(1) NC: não-coletado.

APÊNDICE O – MONITORAMENTO MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA NAS CISTERNAS NOVAS E ANTIGAS, LOCALIZADAS EM ARAÇUAÍ-MG

Coleta		Abr./05	Mai./05	Jun./05	Ago./05	Set./05	Out./05	Nov./05	Dez./05	Jan./06	Fev./06	Média		Desvio-Padrão	
Cisterna	Amostra	Zinco (mg/L)										Cisterna	Grupo	Cisterna	Grupo
Novas	1	0,010	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,034	0,03	0,011	<0,001	0,018		0,013	
	2	0,030	0,030	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,002	0,014		0,014	
	3	0,016	0,022	<0,001	0,019	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,014	0,015		0,007	
	4	0,002	0,016	<0,001	0,040	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	0,002	0,016	0,014	0,017	0,014	0,020
	5	0,006	0,018	<0,001	0,017	<0,001	0,007	<0,001	0,008	0,008	0,003	0,010		0,006	
	6	0,006	0,016	<0,001	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,159	0,033	0,044		0,065	
	7	0,006	0,012	0,004	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,016	<0,001	0,008		0,005	
	8	0,033	NC ⁽¹⁾	NC	0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,020	0,003	0,017		0,013	
Antigas	9	<0,001	0,010	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,013	0,008		0,004	
	10	<0,001	0,024	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,075	<0,001	0,033		0,038	
	11	<0,001	0,034	0,001	0,004	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,028	0,019	0,015		0,015	
	12	<0,001	0,024	0,001	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,010	0,003	0,009	0,012	0,009	0,011
	13	<0,001	0,014	0,001	<0,001	NC	<0,001	NC	<0,001	0,002	0,008	0,006		0,006	
	14	<0,001	0,006	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,016	0,002	0,006	0,006		0,006	
	15	<0,001	0,014	0,001	<0,001	0,01	NC	NC	<0,001	0,005	0,009	0,008		0,005	
	16	<0,001	0,016	0,001	<0,001	0,009	NC	NC	<0,001	0,031	0,015	0,014		0,011	

(1) NC: não-coletado.

ANEXO A – TÉCNICAS DE TUBOS MÚLTIPLOS PARA DETECÇÃO DE *Clostridium perfringens* (CETESB, L5.213, 1993)

Esta técnica é utilizada na determinação do Número Mais Provável (/100 mL) de *Clostridium perfringens* para:

- Avaliação da qualidade de águas tratadas ou brutas destinadas ao consumo humano.
- Avaliação da qualidade de águas brutas, contendo resíduos industriais letais a outros microrganismos indicadores.
- Avaliação da qualidade das águas recreacionais, inclusive águas marinhas.
- Avaliação da eficiência de processos de tratamento de esgoto, na remoção de microrganismos.
- Avaliação da qualidade de águas minerais.
- Avaliação da qualidade da água utilizada na fabricação de produtos alimentícios.
- Detecção de contaminação remota.

1) Material necessário

1.1) Material de consumo

- Balança
- Autoclave
- Incubadora (regulada para $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)
- Frascos para coleta da amostra
- Tubos de ensaio
- Placas de Petri
- Pipetas
- Bico de Bunsen
- Alças de inoculação
- Estantes
- Jarra de anaerobiose
- Kit de anaerobiose (gerador de anaerobiose e indicador)
- Membrana filtrante (47 mm de diâmetro e 0,2 μm de porosidade, brancas e estéreis)
- Frasco kitassato
- Bomba de vácuo

1.2) Meios de cultura

- DRMC (Meio diferencial enriquecido para clostrídios)
- *Litmus Milk* (leite tornassolado)

2) Procedimento de ensaio

2.1) Volume da amostra a ser utilizado

a) Sugere-se que seja utilizada, preferencialmente, a inoculação de dez porções de 10 mL, quando se tratar de água para consumo humano. Entretanto, quando isso não for possível, pode ser realizada a análise de cinco porções de 10 mL. Existe também tabela de NMP para quando se inoculam cinco porções de 20 mL. Quando forem inoculados 10 ou 20 mL da amostra, deve ser usado meio com concentração dupla; menores diluições, usar meio com concentração simples.

b) Para outros tipos de água, a técnica de tubos múltiplos requer o preparo prévio de diluições decimais da amostra. Neste caso, deverão ser inoculadas séries de cinco tubos, contendo o meio de cultura apropriado, com 1mL da amostra ou das diluições selecionadas. A seleção deve ser feita cuidadosamente pelo analista. É requerida a inoculação de, no mínimo, três diluições seriadas, sendo aconselhável a seleção de um número maior para amostras desconhecidas.

2.2) Ensaio presuntivo

- Aquecer as amostras em banho-maria a 75 °C durante 10 minutos, para a eliminação de organismos não esporulados e formas vegetativas.

- Calcular o número de tubos de DRMC a serem utilizados e aquecê-los em água fervente durante, aproximadamente, 10 minutos, para remover todo o ar neles existente e esfria-los rapidamente em água fria, antes do uso.

- Dispor os tubos de DRMC em suportes.

- Proceder à identificação dos tubos, anotando, no primeiro tubo de cada fileira, o número da amostra, o volume a ser inoculado e a data.

- Adicionar aos tubos 0,4mL de uma solução com 50% de citrato férrico e 7% e 50% de sulfito de sódio a 4%.

- Homogeneizar a amostra lentamente, para evitar sua oxigenação.

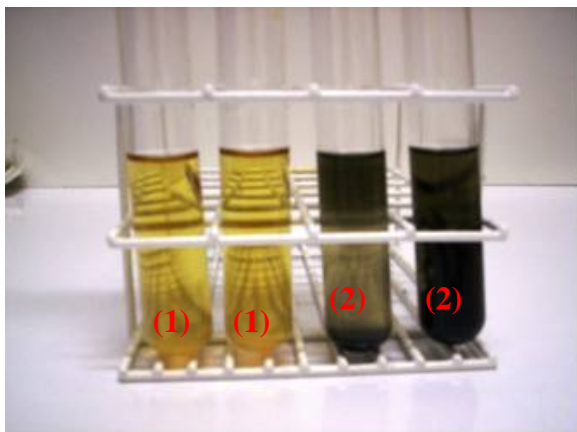
- Inocular todos os volumes da amostra/diluições requeridos para o ensaio.

- Colocar todos os tubos inoculados dentro da jarra de anaerobiose; em seguida introduzir o gerador de anaerobiose. Tampar a jarra imediatamente, tendo o cuidado de vedá-la bem.

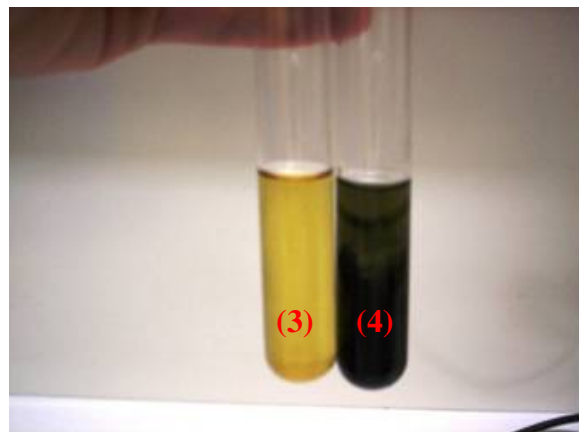
- Esperar durante alguns minutos e verificar se ocorreu a reação entre o hidrogênio liberado pelo sistema gerador e o oxigênio presente na jarra. Isto é observado através da condensação nas paredes da jarra, do vapor de água formado e do aquecimento devido à liberação de calor durante a reação.

- Incubar a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 48 ± 3 horas.

- Após o período de incubação, realizar a leitura dos tubos, considerando resultado presuntivo positivo para os tubos que apresentarem enegrecimento do meio de cultura. Tubos em que se observar densa turvação do meio de cultura são considerados como resultados duvidosos, e também devem ser submetidos à confirmação.



(1) Meio sem inoculação; (2) Resultado positivo.



(3) Resultado duvidoso (densa turvação); (4) Resultado positivo.

2.3) Ensaio confirmativo

- Calcular o número de tubos de meio leite tornassolado (Litmus Milk) a ser utilizado e aquecê-los em um béquer com água fervente durante, aproximadamente, 5 minutos, para remover todo o ar neles existente, e resfriá-los rapidamente antes do uso.

- Proceder à identificação dos tubos, anotando, no primeiro tubo de cada fileira, o número da amostra, o volume a ser inoculado e a data.

- Com uma pipeta estéril, coletar o inóculo de 0,1mL da cultura positiva de cada tubo de DRMC, tomando cuidado para que esse inóculo seja coletado do fundo do tubo.

- Transferir esse inóculo para o tubo que contém o meio leite tornassolado correspondente, efetuando essas inoculações em profundidade.

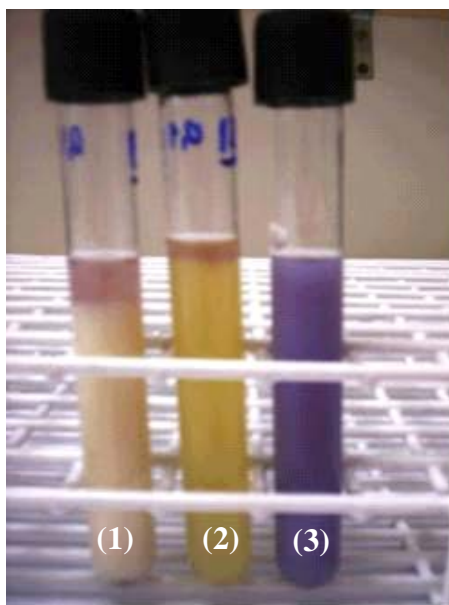
- Colocar todos os tubos inoculados dentro da jarra de anaerobiose; em seguida introduzir o gerador de anaerobiose. Tampar a jarra imediatamente, tendo o cuidado de vedá-la bem.

- Esperar durante alguns minutos e verificar se ocorreu a reação entre o hidrogênio liberado pelo sistema gerador e o oxigênio presente na jarra. Isto é observado através da condensação nas paredes da jarra, do vapor de água formado e do aquecimento devido à liberação de calor durante a reação.

- Incubar a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 48 ± 3 horas.

- Após o período de incubação, realizar a leitura dos tubos, considerando resultado presuntivo positivo para os tubos que apresentarem concomitantemente as seguintes características:

- **Formação de coágulos** (decorrente da coagulação do caseinogênio do leite);
- **Acidificação** (evidenciada pela coloração rosa do meio de cultura);
- **Formação de grande quantidade de gás, causando rompimento dos coágulos** (fermentação turbulenta do leite).



(1) Resultado positivo; (2) Resultado negativo; (3) Meio sem inoculação.

2.4) Cálculo e expressão dos resultados

- Para obtenção do NMP de *Clostridium perfringens*, utiliza-se o código composto a partir de tubos de DRMC com resultado positivo sobre leite tornassolado

- Utilizar a tabela adequada para a diluição analisada. Quando são utilizadas diluições decimais, o NMP será dado através da seguinte fórmula:

$$\text{NMP (valor da tabela)} \times 10 / \text{maior volume inoculado} = \text{NMP} / 100\text{mL}$$

- Quando mais de três diluições decimais são inoculadas, utilizam-se para composição do código apenas os resultados positivos correspondentes às três séries consecutivas inoculadas; o primeiro algarismo escolhido para compor o código será a série de maior diluição da amostra, em que todos os tubos apresentaram resultados positivos.

ANEXO B – TÉCNICA DE TUBOS MÚLTIPLOS PARA DETECÇÃO DE ESTREPTOCOCOS FECAIS (APHA, 1998)

Esta técnica é utilizada na determinação do Número Mais Provável (/100mL) de estreptococos fecais para águas de abastecimento, subterrâneas, minerais e recreacionais, não sendo recomendada apenas para águas marinhas.

1) Material necessário

1.1) Material de consumo

- Balança
- Autoclave
- Incubadora (regulada para $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)
- Frascos para coleta da amostra
- Tubos de ensaio
- Placas de Petri
- Pipetas
- Bico de Bunsen
- Alças de inoculação
- Estantes

1.2) Meios de cultura

- Caldo Dextrose Azida
- Ágar Bile-Esculina (ou Ágar PSE)

2) Procedimento de ensaio

2.1) Volume da amostra a ser utilizado

a) Sugere-se que seja utilizada, preferencialmente, a inoculação de dez porções de 10 mL, quando se tratar de água para consumo humano. Entretanto, quando isso não for possível, é permitida pela legislação brasileira vigente, a análise de cinco porções de 10 mL. Existe também tabela de NMP para quando se inoculam cinco porções de 20 mL. Quando forem inoculados 10 ou 20 mL da amostra, deve ser usado meio com concentração dupla; menores diluições, usar meio com concentração simples.

b) Para outros tipos de água, a técnica de tubos múltiplos requer o preparo prévio de diluições decimais da amostra. Neste caso, deverão ser inoculadas séries de cinco tubos, contendo o meio de cultura apropriado, com 1 mL da amostra ou das diluições selecionadas. A seleção deve ser feita cuidadosamente pelo analista. É requerida a inoculação de, no mínimo, três diluições seriadas, sendo aconselhável a seleção de um número maior para amostras desconhecidas.

2.2) Ensaio presuntivo

- Dispor o número de tubos de Caldo Dextrose Azida necessários em suportes (de acordo com a diluição a ser adotada).

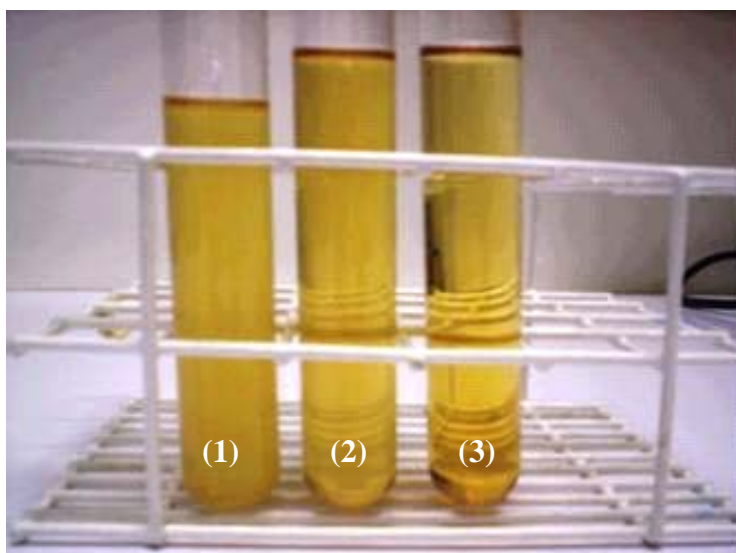
- Proceder à identificação dos tubos, anotando, no primeiro tubo de cada fileira, o número da amostra, o volume a ser inoculado e a data.

- Homogeneizar bem a amostra, manualmente, antes de utilizá-la (inverter o frasco, bem tampado, 25 vezes)

- Inocular todos os volumes da amostra/diluições requeridas para o ensaio e incubar a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 24-48 horas.

- Após as primeiras 24 horas, conferir cada tubo e verificar quanto a turbidez do meio. Retornar à incubadora os tubos com resultado negativo, por um período adicional de 24 ± 2 horas.

- Efetuar a segunda leitura (48 ± 3 horas), separando os tubos com resultado positivo – para realização dos ensaios para confirmação – descartando os tubos com resultados negativos.



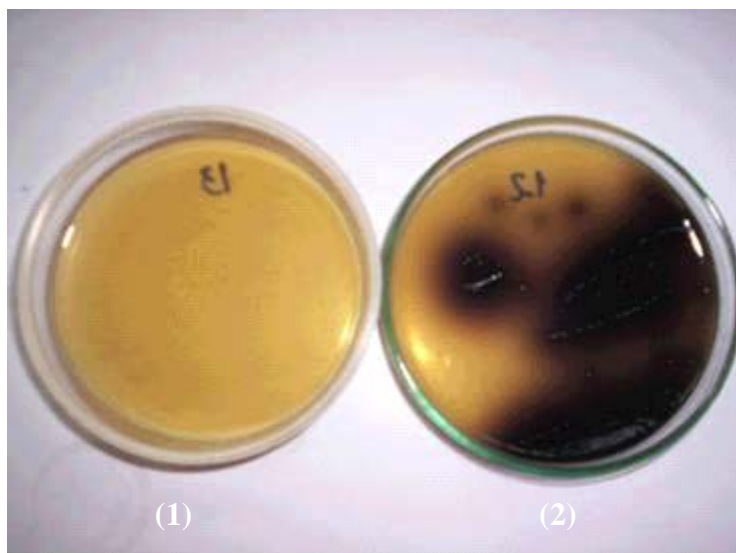
(1) Resultado positivo, com meio completamente turvo; (2) resultado positivo, com meio levemente turvo; (3) meio sem inoculação.

2.3) Ensaio confirmativo

- Inocular placas de Ágar Bile Esculina (ou PSE), a partir de tubos de caldo dextrose azida com resultado positivo após as leituras de 24 e 48 horas.

- Incubar as placas em posição invertida durante 48 horas $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

- Efetuar a leitura, considerando como resultado positivo para estreptococos fecais a presença de colônias castanho-escuras com halo castanho.



(1) Ágar Bile Esculina estéril; (2) Resultado positivo (as colônias formadas eram de tamanho muito reduzido, não sendo possível focalizá-las).

2.4) Cálculo e expressão dos resultados

- Para obtenção do NMP de estreptococos fecais, utiliza-se o código composto a partir de tubos de Caldo Dextrose Azida com resultado positivo sobre Ágar Bile Esculina.

- Utilizar a tabela adequada para a diluição analisada. Quando são utilizadas diluições decimais, o NMP será dado através da seguinte fórmula:

$$\text{NMP (valor da tabela)} \times 10/\text{maior volume inoculado} = \text{NMP}/100 \text{ mL}$$

- Quando mais de três diluições decimais são inoculadas, utilizam-se para composição do código apenas os resultados positivos correspondentes às três séries consecutivas inoculadas; o primeiro algarismo escolhido para compor o código será a série de maior diluição da amostra, em que todos os tubos apresentaram resultados positivos.