



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
ÁREA DE CONTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E  
SANEAMENTO

**Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água  
de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano**

**ROGÉRIO PEREIRA XAVIER**

**CAMPINA GRANDE, 2010**

**Rogério Pereira Xavier**

**Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água  
de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Área de Concentração: Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária  
Orientadora: Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos  
Co-orientador: Dr. Carlos de Oliveira Galvão

**Campina Grande, 2010**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

X3

2010 Xavier, Rogério Pereira.

Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano / Rogério Pereira Xavier.

– Campina Grande, 2010.

114 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos, Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão.

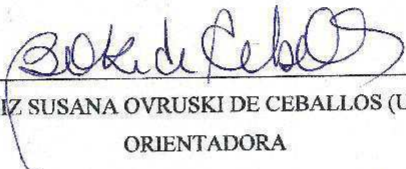
1. Cisternas. 2. Águas de Chuva. 3. Sistemas de Desvio das Primeiras Águas. I. Título.

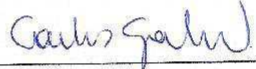
CDU – 556.155(043)

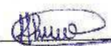
ROGÉRIO PEREIRA XAVIER

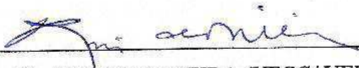
**Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva  
armazenada em cisternas no semiárido paraibano**

Aprovado em 15 de 03 de 2010

  
Dra. BEATRIZ SUSANA OVRUSKI DE CEBALLOS (UFCG/UEPB)  
ORIENTADORA

  
Dr. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO (UFCG)  
CO-ORIENTADOR

  
Dra. LUIZA TEIXEIRA DE LIMA BRITO (EMBRAPA SEMIÁRIDO)  
EXAMINADOR EXTERNO

  
Dr. RUI DE OLIVEIRA (UFCG/UEPB)  
EXAMINADOR INTERNO

Campina Grande-PB

Março de 2010

## AGRADECIMENTOS

- A minha orientadora Beatriz Ceballos, por todo seu compromisso, dedicação e confiança. Levarei no meu caminho da vida todos os ensinamentos aprendidos. Muito obrigado.
- Ao meu co-orientador, Prof. Carlos Galvão, fundamental no desenvolvimento deste trabalho.
- Ao CNPq pela bolsa concedida.
- A FINEP e CThidro pelo financiamento do projeto.
- A Coordenação do Mestrado de Engenharia Civil, ao Coordenador PhD. Vajapeyam S. Srinivasan e a Secretária Josete.
- Aos funcionários do Departamento de Saneamento (Valmaria e Cristina).
- A Ismael, técnico de laboratório de Recursos Hídricos, pessoal fundamental no desenvolvimento das atividades de campo.
- Aos amigos do Laboratório de Saneamento e Hidráulica I e II que contribuíram na elaboração desse trabalho.
- A minha mãe Gilsa, sinônimo de dedicação, amor e carinho durante toda minha criação. Obrigado minha amada mãe!
- A minha namorada Sarah Golzio.
- A minha turma de mestrado (Heloisa, Joseneto, Flávia, Riveka, Cristina e Fábio).
- A todos os meus amigos da minha cidade natal, Tuparetama-PE.
- A todos que contribuíram para mais uma etapa vencida!!!

**Muito obrigado!!!!**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE QUADROS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1.0 INTRODUÇÃO	01
2.0 OBJETIVOS	04
2.1 Objetivo geral	04
2.2 Objetivos específicos	04
3.0 REVISÃO BIBIOGRÁFICA	05
3.1 Contexto histórico	05
3.2 Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)	13
3.3 Componentes do sistema de coleta de água de chuva	16
3.3.1 Área de captação	16
3.3.2 Subsistema de condução	18
3.3.3 Cisternas	19
3.4 Qualidade da água de chuva	21
3.5 Qualidade da água armazenada em cisternas	23
3.6 Barreiras sanitárias	27
3.6.1 Dispositivo de desvio das primeiras águas	29
3.6.2 Bomba manual	32
3.6.3 Manejo	33
3.7 Legislação sobre água de chuva	36
3.7.1 Legislação de incentivo à coleta água de chuva	36
3.7.2 Padrões de qualidade para água de chuva armazenada em cisternas	39
4.0 MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 Contexto institucional	40
4.2 Locais de estudo	40
4.2.1 São João do Cariri	40
4.2.2 Campina Grande	41

4.3 Cisternas estudadas	42
4.4 Modelos pilotos	45
4.4.1 Lavagem e desinfecção dos modelos pilotos	49
4.5 Barreiras sanitárias	52
4.5.1 Dispositivo de desvio das primeiras águas: princípio do fecho hídrico	53
4.5.2 Dispositivo de desvio das primeiras águas: princípio dos vasos comunicantes	53
4.5.3 Bomba manual	54
4.6 Avaliação do sistema de desvio das primeiras águas de chuva	55
4.7 Monitoramento da qualidade de água	57
4.7.1 Procedimento de coleta das amostras	57
4.7.2 Cisternas	57
4.7.3 Modelos Pilotos	58
4.7.4 Água de chuva	58
4.8 Análises da qualidade da água	59
4.8.1 Análises físicas e químicas	59
4.8.2 Análises microbiológicas	61
4.8.3 Análises parasitológicas	62
4.9 Monitoramento da água acumulada	63
5.0 RESULTADOS	65
5.1 Qualidade da água da chuva	65
5.2 Cisternas	66
5.2.1 Manejo e manutenção	66
5.2.2 Volume de água armazenado nas cisternas	67
5.2.3 Qualidade física e química da água armazenada em cisternas	71
5.2.4 Qualidade microbiológica da água armazenada em cisternas	81
5.2.5 Qualidade parasitológica da água armazenada em cisternas	84
5.2.6 Qualidade da água de cisternas com incorporação de desvios	86
5.3 Modelos pilotos	87
5.3.1 Monitoramento do volume de água armazenado nos modelos pilotos	87
5.3.2 Qualidade física e química da água armazenada nos modelos pilotos	88

5.3.3	Qualidade microbiológica da água armazenada nos modelos pilotos	96
5.4	Avaliação do sistema de desvio das primeiras águas de chuva	98
6.0	CONCLUSÕES	102
7.0	REFERENCIAS	104



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Filtro rudimentar utilizado no Brasil Colonial (final do Século XVI).	06
<b>Figura 2.</b> Chultuns: reservatórios subterrâneos dos Maias.	07
<b>Figura 3.</b> Abanbars, tradicional sistema de captação de água comunitário do Irã.	07
<b>Figura 4.</b> Tipos de jarras usadas no armazenamento da água da chuva na Tailândia.	09
<b>Figura 5.</b> Tipos de cisternas instalados pelo Governo do Sri Lanka. a) Cisterna de tijolos; b) Cisterna de ferrocimento.	10
<b>Figura 6.</b> Sistema industrial de filtro para água de chuva.	12
<b>Figura 7.</b> Água de chuva engarrafada : a) Estados Unidos (Texas); b) Tasmânia	12
<b>Figura 8.</b> Demarcação física do semiárido brasileiro.	13
<b>Figura 9.</b> Modelo de cisterna proposto pela CPATSA para captação e armazenamento de água de chuva em 1979.	14
<b>Figura 10.</b> Tipos de área de captação de água de chuva no semiárido brasileiro, a) captação por telhado; b) captação por calçada.	16
<b>Figura 11.</b> Área de captação integrada em residências na China (telhado e calçada)	17
<b>Figura 12.</b> Tipos de calhas – a) calha de beiral; b) calha de água furtada	18
<b>Figura 13.</b> Etapas da construção de cisternas de placas pré-moldadas	20
<b>Figura 14.</b> Etapas da construção de cisternas de ardósia armada	21
<b>Figura 15.</b> Resultados da qualidade da água de chuva em Vitória –ES	22
<b>Figura 16.</b> Valores médios de condutividade elétrica e turbidez de cada milímetro de chuva para as três localidades pesquisadas em Natal	23
<b>Figura 17.</b> Dispositivo para o desvio manual das águas das primeiras chuvas	29
<b>Figura 18.</b> Ponto de captação da água da cisterna na superfície	32
<b>Figura 19.</b> Bomba d'água aro trampolim.	33
<b>Figura 20.</b> Meios de transporte de água armazenada nas cisternas: balde e metal	34
<b>Figura 21.</b> Potes de barro usados para armazenamento de água no interior das residências	35

<b>Figura 22.</b> Recipientes para armazenamento de água no interior da residência; a) filtro doméstico (filtro de cerâmica), b) suporte para garrafa de plástico contendo água de cisterna.	36
<b>Figura 23.</b> Localização dos municípios de São João do Cariri e Campina Grande, ambos no Estado da Paraíba	42
<b>Figura 24a.</b> Croquis e imagens das oito cisternas rurais estudadas em São João do Cariri	43
<b>Figura 24b.</b> Croquis e imagens das oitos cisternas rurais estudadas em Paus Brancos	44
<b>Figura 25.</b> Croquis dos modelos pilotos	46
<b>Figura 26.</b> Componentes dos modelos pilotos	48
<b>Figura 27.</b> Experimento de vazamento e reparo nos desvios com princípio de fecho hídrico	49
<b>Figura 28.</b> Carro pipa que transportou a água para lavagem das cisternas dos modelos pilotos	49
<b>Figura 29.</b> Aspecto do piso da cisterna antes e depois da lavagem	52
<b>Figura 30.</b> Esquema de desvio das primeiras chuvas: princípio do fecho hídrico	53
<b>Figura 31.</b> Esquema de desvio das primeiras chuvas: princípio dos vasos comunicantes	54
<b>Figura 32.</b> Bomba manual utilizada nos modelos pilotos	55
<b>Figura 33.</b> Etapas do experimento da simulação de chuva para avaliação dos desvios	56
<b>Figura 34.</b> Coleta da água de chuva: (a) disposição dos bancos; (b) altura de cada banco.	59
<b>Figura 35.</b> Fluxograma da identificação de parasitos pela técnica de Ritchie (1948) modificado	63
<b>Figura 36.</b> Variação do volume de água acumulada nas cisternas ao longo do tempo (dez/07 – jul/09), SJC4 e PB4 até set/09.	69
<b>Figura 37.</b> Distribuição mensal de pH nas águas de cisternas (período de jan-set/09).	71
<b>Figura 38.</b> Gráficos box plot de pH comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	72
<b>Figura 39.</b> Distribuição mensal de alcalinidade nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	73

<b>Figura 40.</b> Gráficos box plot de alcalinidade comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	73
<b>Figura 41.</b> Distribuição mensal de dureza total nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	74
<b>Figura 42.</b> Gráficos box plot de dureza total comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	74
<b>Figura 43.</b> Distribuição mensal de Turbidez nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	75
<b>Figura 44.</b> Gráficos box plot de Turbidez comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	75
<b>Figura 45.</b> Distribuição mensal de cor aparente nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	76
<b>Figura 46.</b> Gráficos box plot de cor aparente comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisterna.	76
<b>Figura 47.</b> Distribuição mensal de condutividade elétrica nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	77
<b>Figura 48.</b> Gráficos box plot de condutividade elétrica comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	77
<b>Figura 49.</b> Distribuição mensal de SDT nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	78
<b>Figura 50.</b> Gráficos box plot de SDT comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	78
<b>Figura 51.</b> Distribuição mensal de cloretos nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	79
<b>Figura 52.</b> Gráficos box plot de cloretos comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	79
<b>Figura 53.</b> Distribuição mensal de Cálcio nas águas de oito cisternas (período de dez/08-set/09).	80
<b>Figura 54.</b> Distribuição mensal de sódio e potássio nas águas de oito cisternas no período de dez/08-set/09. a) sódio; b) potássio.	81
<b>Figura 55.</b> Distribuição mensal de coliformes totais nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	81
<b>Figura 56.</b> Gráficos box plot de coliformes totais comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	82
<b>Figura 57.</b> Distribuição mensal de <i>E.coli</i> nas águas de oito cisternas (período de	82

jan-set/09).

<b>Figura 58.</b> Gráficos box plot de <i>E.coli</i> comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	83
<b>Figura 59.</b> Distribuição mensal de bactérias heterotróficas totais nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).	83
<b>Figura 60.</b> Gráficos box plot de bactérias heterotróficas totais comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.	84
<b>Figura 61.</b> Sistema de desvio automático das primeiras águas. a) DFH-SJC4; b) DVC-PB4.	86
<b>Figura 62.</b> Variação do volume de água acumulado nas cisternas dos modelos pilotos (Cisternas Pilotos e Controles) ao longo do tempo (mar/09 – set/09).	88
<b>Figura 63.</b> Variação de pH nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	89
<b>Figura 64.</b> Variação de alcalinidade nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	90
<b>Figura 65.</b> Variação de dureza total nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	90
<b>Figura 66.</b> Variação de turbidez nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	91
<b>Figura 67.</b> Variação de cor aparente nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	92
<b>Figura 68.</b> Variação de SDT nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	93
<b>Figura 69.</b> Variação de condutividade elétrica nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	93
<b>Figura 70.</b> Variação de sódio e potássio nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	94
<b>Figura 71.</b> Variação de cloretos nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	95
<b>Figura 72.</b> Variação das concentrações de coliformes totais e <i>E.coli</i> nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	97
<b>Figura 73.</b> Variação das concentrações de bactérias heterotróficas totais nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.	97
<b>Figura 74.</b> Aspecto visual da primeira água (tempo zero) coletada no experimento de chuva artificial.	99
<b>Figura 75.</b> Decaimento de indicadores de qualidade ao longo do experimento de chuva artificial na cisterna piloto.	100
<b>Figura 76.</b> Gráficos de correlação (Cor aparente x Turbidez; Cloretos x Condutividade Elétrica; Dureza total x Alcalinidade e Coliformes totais x <i>E.coli</i> ).	101

## LISTA DE QUADROS

	<b>Página</b>
<b>Quadro 1.</b> Dados de dimensionamento das oito cisternas.	45
<b>Quadro 2.</b> Dados de dimensionamento dos modelos pilotos.	46
<b>Quadro 3.</b> Pontos de coletas nos modelos pilotos.	58
<b>Quadro 4.</b> Indicadores físicos e químicos analisados nas amostras de água e metodologia.	60
<b>Quadro 5.</b> Abastecimento das cisternas com água de carros-pipa (período de dezembro/07 a setembro/09).	70

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Qualidade da água em cisternas na Nova Zelândia.	25
<b>Tabela 2.</b> Nível de limpeza de calhas e cisternas na Nova Zelândia.	25
<b>Tabela 3.</b> Média dos indicadores de qualidade de cisternas novas e antigas em Araçuaí – MG	26
<b>Tabela 4.</b> Valor médio dos indicadores analisados do descarte (desvio) e do reservatório de acúmulo de água da chuva.	30
<b>Tabela 5.</b> Resultados médios da qualidade de água utilizando descarte das primeiras águas de chuva com precipitações de 0,5, 1,0 e 1,5 mm na região metropolitana de Vitória – ES.	31
<b>Tabela 6.</b> Qualidade das águas transportadas por carros pipa utilizadas nas lavagens dos modelos pilotos	51
<b>Tabela 7.</b> Características físicas, químicas e microbiológicas da água da chuva em São João do Cariri-PB (18/03 e 23/07/09).	65
<b>Tabela 8.</b> Frequências relativas e absolutas de parasitos em água das 8 cisternas no período de jul/08-mai/09.	84
<b>Tabela 9.</b> Caracterização da qualidade física, química e microbiológica da água de duas cisternas (SJC4 e PB4) antes e depois da instalação de desvios automáticos das primeiras águas de chuva e eficiência dos mesmos.	87
<b>Tabela 10.</b> Resultados dos indicadores de série longa nos modelos pilotos.	96
<b>Tabela 11.</b> Qualidade da água usada no experimento de chuva artificial no teste do desvio das primeiras águas de chuva no modelo piloto MP2.	98

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

a.C: Antes de Cristo

ASA: Articulação do Semiárido

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA: American Public Health Association

AP1MC: Associação Programa Um Milhão de Cisternas

CAGEPA: Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CPATSA: Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido

CEPFS: Centro de Educação Popular e Formação Social

DFH: Desvio do Fecho Hídrico

DVC: Desvio dos Vasos Comunicantes

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EXTRABES: Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos

FEBRABAN: Federação Brasileira dos Bancos

FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos

FUNASA: Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INTERPA: Instituto de Terras e Planejamento Agrícola da Paraíba

ITEP: Instituto Tecnológico de Pernambuco

MCT: Ministério da Ciência e Tecnologia

NBR: Normas Brasileiras

NMP: Número Mais Provável

ONU: Organização das Nações Unidas

OMS: Organização Mundial de Saúde

PCA: Plate Count Agar

PNJAP: Programa Nacional de Jarras de Água Potável

PURAE: Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações

P1MC: Programa Um Milhão de Cisternas

RPM: Rotação por minuto

UGM: Unidades Gestoras Microrregionais

UNEP: United Nations Environment Programme

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

VMP: Volume Máximo Permitido

## RESUMO

A captação de água de chuva em cisternas é usada há vários séculos em regiões áridas e semiáridas. Águas de chuvas captadas e armazenadas com a devida segurança sanitária são de boa qualidade e podem ser usadas para consumo humano. Barreiras sanitárias podem ser instaladas ao longo do sistema de captação e armazenamento para melhorar a qualidade da água a ser consumida. O desvio das primeiras águas de cada evento de chuva se constitui numa importante barreira sanitária por descartar de forma automática águas que transportam poluentes da atmosfera, da área de captação e dos dutos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar em escala real a qualidade da água armazenada em oito cisternas rurais e em modelos pilotos, em comunidades rurais localizadas nos municípios de São João do Cariri e Campina Grande na Paraíba, sob diferentes condições de manutenção e manejo, assim como da eficiência de barreiras sanitárias físicas. Foram construídos dois modelos pilotos com sistemas de desvios, um seguiu o princípio de fecho hídrico e o outro o princípio dos vasos comunicantes. Os desvios possuíam volume para reter 1 mm da água de chuva captada. Indicadores de qualidade foram avaliados na água da chuva, nas cisternas e nos modelos pilotos. A água da chuva apresentou qualidade física e química excelente e com pequenas concentrações de *E.coli*. As águas armazenadas nas cisternas apresentaram qualidade bastante inferior à água da chuva. Todas as cisternas que receberam água de carro pipa apresentaram pior qualidade do que as que receberam somente água de chuva. Das cisternas monitoradas com incorporação de desvios das primeiras águas, tiveram melhoria da qualidade, com destaque para a diminuição de alcalinidade, dureza, turbidez, SDT, condutividade elétrica, salinidade e cloretos. O sistema com princípio do fecho hídrico apresentou maior eficiência. No geral, os desvios das primeiras águas de chuva foram eficientes e as cisternas pilotos apresentaram valores médios inferiores aos encontrados nas cisternas controles. Destaca-se os desvios como uma importante barreira sanitária física na remoção de *E.coli*, com uma redução da concentração média do desvio para a cisterna piloto na ordem de 80% para o modelo piloto com o desvio de princípio do fecho hídrico e 50% para o modelo piloto com o desvio com princípio dos vasos comunicantes. Sob condições controladas de estudo com os modelos pilotos foi verificada acentuada melhoria na qualidade da água após 45 segundos de escoamento da água na tubulação, tempo esse equivalente a aproximadamente 0,5 mm de chuva após a eliminação, no desvio, do 1,0 mm de água por metro quadrado de telhado. Conclui-se que a água da chuva nas áreas rurais do semiárido brasileiro são de excelente qualidade e a adoção de múltiplas barreiras sanitárias ao longo do sistema são fundamentais para fornecer água segura para o consumo humano.

**Palavras chaves:** cisternas, água de chuva, sistemas de desvio das primeiras águas.

## ABSTRACT

The rain water captation in tanks is used of some centuries in arid and semiarid regions. Rain waters caught and stored with the appropriate sanitary security are of good quality and can be used for human consumption. Sanitary barriers can be installed along the system of captation and storage to get better the quality of the water that will be consumed. Deviation of the first ones waters of each rain event if constitutes in an important sanitary barrier of discarding of automatic form waters that carry pollutants from the atmosphere, the area of captation and the ducts. The present work had as objective to evaluate in real scale the quality of the water stored in eight agricultural tanks and pilot models, in located agricultural communities in the cities of São João do Cariri and Campina Grande in the Paraíba, under different conditions of maintenance and management, like the efficiency of physical sanitary barriers. Two models of pilot systems of Deviation had been constructed to one followed the beginning of water latch and the other with the communicating vases. The deviation had 1 mm of volume to store rain water. Parameters of quality had been measured in the rain water, in the tanks and the models pilots. The water of rain presented excellent physical and chemical quality and with small concentrations of *E.coli*. The waters stored in the tanks had presented sufficiently worst quality than rain water. All the tanks that had received water from water trucks had presented quality of what worse the ones that had only received water from rain. Of the tanks monitored with deviation incorporation of the first waters, they had had improvement of the quality, with prominence for the reduction of alkalinity, hardness, turbidity, SDT, electric conductivity ,salinity and chlorides. The system with principle of the water seal presented greater efficiency. In general , the deviation of the first rain waters had been efficient and the pilots tanks had presented mean worst average values than to found in the control tanks. It stands out deviations as an important physical sanitary barrier in the removal of *E.coli*, with a reduction of the average concentration of the deviations for the pilot tank in the order of 80% for the model pilot with the deviation of water latch and 50% to the pilot model with the deviation with principle of the communicating vases Under controlled conditions of study with the pilot models, it was verified accented improvement in the quality of the water after 45 seconds of flow of the water in the tubing, time this equivalent approximately 0,5 mm of rain after the elimination, in deviation, of 1,0 mm of water per square meter of roof. One concludes that the water of rain in the agricultural areas of the Brazilian semiarid is of excellent quality to the adoption of multiple sanitary barriers throughout the system are basic to offer safe water the human consumption

**Key words:** Tanks, rain waters, first one waters deviation systems



## 1.0 Introdução

A água é um bem fundamental à manutenção da vida no planeta, e sua qualidade está intimamente ligada com o bem estar dos seres vivos e do ambiente no qual estão inseridos. A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2001) destaca que todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições sócio-econômicas, têm direito a um suprimento adequado de água. Nos países em desenvolvimento as condições precárias de saneamento são a principal causa de surtos e epidemias de doenças de veiculação hídrica. Doenças transmitidas pela água são responsáveis por mais da metade das internações hospitalares no Brasil e pela metade das mortes de crianças de até um ano de idade (ZANCUL, 2006). Crianças menores de três meses de idade e pessoas idosas são mais susceptíveis ao desenvolvimento destas doenças, devido à fragilidade de seu sistema imunológico (OLIVEIRA *et al.*, 1987 *apud* FREITAS, BRILHANTE & ALMEIDA, 2001).

O acesso limitado à água de boa qualidade e em quantidade suficiente acarreta o aumento da pobreza, das doenças e da fome, problemas que poderiam ser amenizados com um eficiente abastecimento d'água que atenda os padrões de potabilidade. O problema fica mais evidente no semiárido nordestino com os longos períodos de estiagem típicos da região e a falta de aproveitamento adequado das águas do período chuvoso.

A captação e armazenamento de água de chuva é uma prática usada há vários séculos em regiões áridas e semiáridas, onde chove pouco ou as chuvas estão irregularmente distribuídas em poucos meses do ano. Para o uso humano, a captação de água de chuva necessita de um sistema de captação, constituindo uma unidade denominada sistema de captação de águas pluviais, composto basicamente de três elementos: área de captação (telhado ou calçadão); subsistema de condução (calhas e dutos) e reservatório (cisterna) (MEIRA FILHO *et AL.*, 2005). O reservatório deve ser seguro e fechado, para que não haja vazamentos, nem evaporação ou poluição (KÜSTER *et AL.*, 2006; UNESCO 2008).

A construção de cisternas tipo de placas pré-moldadas de concreto e arame liso, rebocada por dentro e por fora, construída atualmente no nordeste brasileiro, surgiu no Estado de Sergipe, cidade de Simão Dias, há aproximadamente 40 anos, desenvolvida pelo pedreiro Manoel Apolônio de Carvalho (Noel) (GALIZONI & RIBEIRO, 2004). Posteriormente, outros pedreiros incorporaram a técnica e passaram a construir em todo o Estado do Sergipe e na Bahia (CÁRITAS BRASILEIRA, 2009). A cisterna de placas pode usar como área de captação o telhado ou o calçadão.

No semiárido brasileiro, o sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisterna pode ser uma solução alternativa não-coletiva de abastecimento de água. É uma forma simples de obtenção de água que permite conseguir, mesmo com baixo índice pluviométrico típico da região, quantidade de água suficiente para suprir as necessidades básicas de uma família (beber e cozinhar) durante o período de escassez.

No ano de 1999 foi fundada a ASA (Articulação do Semiárido) durante a 3ª Conferência de Combate à Desertificação e à Seca, em Recife. O P1MC (Programa Um Milhão de Cisternas) foi criado por organizações da sociedade civil agregadas à ASA. Em 2003, o programa foi incluído na política governamental Fome Zero, tendo como fontes de recursos o Governo Federal, a Organização das Nações Unidas (ONU), a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) e várias organizações estrangeiras (ASA, 2009).

A qualidade de qualquer água é determinada pela qualidade da fonte, por sua exposição a contaminantes durante o processo da produção (captação, armazenamento, tratamento) e pela forma como chega ao consumidor. Assim a qualidade da água da chuva captada em cisternas depende da pureza da atmosfera, dos materiais usados para construir a área de captação e das impurezas depositadas na sua superfície, geralmente o telhado (onde há exposição a raios ultravioleta, calor e dessecação que elimina grande parte das bactérias), das calhas e bicas, que conduzem a água para a cisterna, da “ecologia da cisterna”, da maneira como se tira a água da mesma, do contato humano e do tipo de tratamento antes do consumo (GNADLINGER, 2007).

A proteção sanitária da água armazenada em cisternas rurais para o abastecimento doméstico é relativamente simples, requerendo, basicamente, cuidados como o desvio correto das primeiras águas das chuvas em quantidade suficiente para limpar a atmosfera e a superfície de captação, com a retirada da água da cisterna por tubulação e com manejo adequado pelos moradores (RODRIGUES *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2008).

O transporte da água da cisterna para o interior da residência pela família é um importante fator de contaminação, já que a água é levada para o interior das residências em baldes ou latas, muitas vezes inapropriados e guardados, em alguns casos, próximos às criações de animais ou banheiros. Quanto maior o nível de educação sanitária, ambiental e de conhecimento de práticas higiênicas dos usuários, mais segura à qualidade das águas das cisternas (ANDRADE NETO, 2003).

A qualidade da água para consumo humano deve obedecer aos padrões estabelecidos pela Portaria nº518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), que fixa os VMP para cada parâmetro de qualidade de água, assim como estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância dessa qualidade. Essa portaria define água

potável como aquela que é apropriada para o consumo humano e “*cujos indicadores biológicos, microbiológicos, físicos, químicos e radioativos, atendem ao padrão de potabilidade e não oferecem riscos à saúde*”. A mesma recomenda a inclusão da pesquisa de organismos patogênicos com o objetivo de atingir um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp*.

Vários estudos destacaram que a qualidade de água de chuva armazenada em cisternas, geralmente atende aos padrões físico-químicos de potabilidade, porém não atende aos padrões microbiológicos (AMORIM & PORTO, 2001; ANDRADE NETO, 2004; SILVA, 2006). A maioria dessas pesquisas evidencia que, as águas armazenadas nas cisternas apresentam coliformes termotolerantes e até protozoários e helmintos patogênicos (SCHURING & SCHWIENSTEK, 2005).

Para avaliar, de forma controlada, os fatores que interferem na qualidade da água armazenada em cisternas, é importante a execução de experimentos controlados. Nesta dissertação avaliam-se resultados do monitoramento de cisternas em comunidades rurais e de experimentos controlados, denominados de “modelos pilotos”. Objetiva-se, com isto avaliar em escala real o impacto causado na qualidade da água, pelos dispositivos automáticos de desvio das primeiras águas da chuva, pelo tipo de tomada d’água e pela forma como é executado o manejo dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva. As cisternas e os modelos pilotos estudados estão localizados no semiárido da região do Cariri paraibano.

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade da água de cisternas em comunidades rurais e de experimentos controlados (“modelos pilotos”), sob diferentes condições de manutenção e manejo, e a eficiência das barreiras sanitárias físicas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos foram:

- Estudar a qualidade física, química, bacteriológica e parasitológica da água de chuva armazenada em 8 cisternas rurais com e sem sistemas de desvio automático das primeiras águas de chuva;
- Analisar a influência de tecnologias simples de manejo e barreiras sanitárias na melhoria da qualidade da água em modelos pilotos;
- Propor, através de experimento controlado, o volume adequado de água de chuva a ser retido no desvio automático das primeiras águas.
- Avaliar o volume de água armazenado nas cisternas e nos modelos pilotos, analisando a influência da demanda, da precipitação e do volume de água aportado por carros pipas.

## 3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

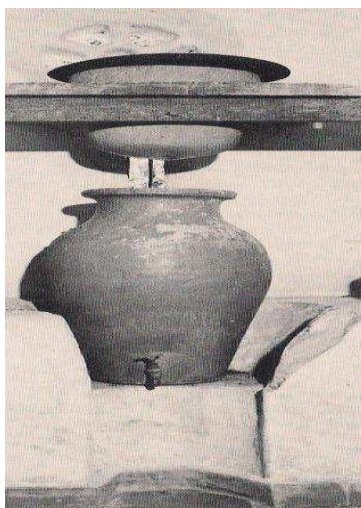
### 3.1 Contexto Histórico

Durante séculos a água foi considerada de disponibilidade infinita, os impactos eram menores tendo em vista o menor volume de esgoto despejado em comparação com a capacidade de diluição dos corpos receptores (PHILIPPI JR & MARTINS, 2005). Os primitivos assentamentos humanos, dos grupos nômades às aldeias, por uma condição elementar de sobrevivência, buscavam sempre as proximidades de nascentes ou cursos d'água. A qualidade da água não era considerada até então um fator restritivo, embora aspectos estéticos, como aparência, sabor e odor, possam influenciar na escolha da fonte (MELLO, 1991; CEBALLOS, DANIEL & BASTOS, 2009).

O pensamento preponderante na antiguidade pregava que a água era uma obra dos Deuses habitantes dos poços, rios, lagos e oceanos. Os Deuses da água também eram responsáveis pelas chuvas, muitas culturas antigas acreditavam que quando as chuvas não vinham, a única saída era negociar diretamente com os Deuses. Nessa época existiam os “Hidróscopos”, pessoas que tinham a capacidade de adivinhar a existência de água em locais específicos. Considerados profetas, tinham um *dom* superior. Essa prática de buscar água utilizando forquilhas de madeiras é ainda amplamente difundida na cultura do semiárido brasileiro (VILLIERS, 2002). Acreditar que a água era uma obra dos Deuses aliado à falta de conhecimento e tecnologia necessária para reconhecer que a estética agradável da água não garantia a ausência de microorganismos patogênicos, fez com que as pessoas não associassem eventuais doenças de veiculação hídrica com a água de consumo.

Os primeiros documentos sobre tratamento da água para consumo são originários da Índia e datados de 4 000 anos. Orientavam as pessoas a tratar a água por fervura, pela exposição ao sol ou por introdução de uma barra de ferro ou de cobre aquecida na massa líquida, seguida da filtração em areia e cascalho grosso. Há 3 500 anos, o povo egípcio utilizava alumínio e posterior decantação para remover partículas em suspensão (RESENDE & HELLER, 2002; CEBALLOS, DANIEL & BASTO., 2009). No Brasil colonial, nos conventos da cidade de Olinda no final do século XVI, os religiosos usavam um sistema de filtração: a água trazida em jarros desde a fonte era colocada em um espesso recipiente com pedra-calcárea e, em seguida, este era ajustado a um outro jarro colocado abaixo, onde era coletada a água pronta para consumo (Figura 1) (MELLO, 1991). A desinfecção com cloro foi utilizada pela primeira vez para água de consumo humano em 1835 por sugestão do Dr. Robley Dunlinsgen, em seu texto *Saúde Humana* publicado na

Philadelphia. Ele também aconselhava o uso de cloro ou de cloretos em cisternas para o consumo de água de boa qualidade, ou seja, potável (WHITE, 1986 *apud* LIBÂNIO, 2008).



**Figura 1.** Filtro rudimentar utilizado no Brasil Colonial (final do Século XVI)

Fonte: Mello, 1991.

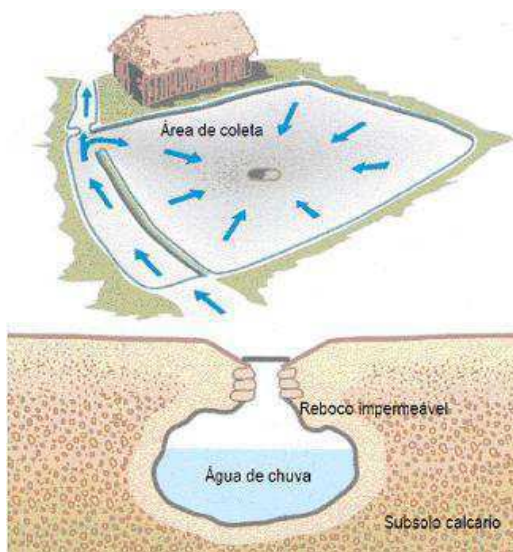
A utilização de água de chuva destinada ao consumo humano surgiu independentemente em diversas partes do mundo e em diferentes continentes há milhares de anos, sendo utilizada e difundida e atualmente é uma técnica popular em muitas regiões do planeta, especialmente em regiões semiáridas onde as chuvas ocorrem de forma irregular e somente durante poucos meses do ano (GNADLINGER, 2004).

Existem evidências, no Sul da África, de que o “*Homo sapiens*” colhia água de chuva e armazenava na casca de ovos de avestruz, enterrava e guardava para tomar a água na estação de estiagem (GNADLINGER, 2004).

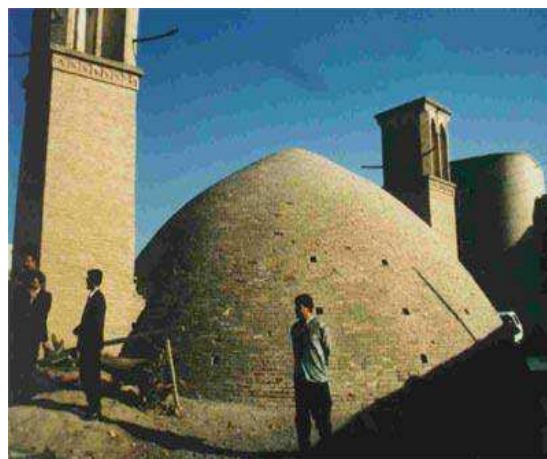
No Oriente Médio foi encontrada uma das inscrições mais antigas do mundo, a conhecida Pedra Moabita, datada de 850 a.C. Nela o Rei Mesha dos Moabitas sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento da água da chuva. Na Mesopotâmia, há 2.750 a.C já era utilizada água da chuva e foram descobertos mais recentemente, na mesma região, 12 reservatórios subterrâneos utilizado no processo de armazenamento de águas pluviais (TOMAZ, 2003).

Existem relatos históricos de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas na Ilha de Creta de 1 700 a.C., nas ruínas do palácio de Knossos (LYE, 1987). As civilizações Maias e Astecas também deixaram no México, um rico legado de tecnologias de captação de água de chuva e foram encontradas cisternas com volumes de 20 000 a 45 000 L (chamadas de *chultuns*), (Figura 2) escavadas em terreno calcário e revestidas com material impermeável,

destinadas para agricultura (GNADLINGER, 2004; SANTOS *et AL.*, 2008). No Irã foram encontrados os *Abanbars*, tradicionais sistemas de captação de água de chuva comunitários. São tanques de pedra, massa de cal com torres para resfriamento da água, e constituem o tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário (Figura 3) (GNADLINGER, 2004).



**Figura 2.** Chultuns: reservatórios subterrâneos dos Maias  
Fonte: Gnadlinger, 2004



**Figura 3.** Abanbars, tradicional sistema de captação de água comunitário do Irã  
Fonte: Gnadlinger, 2004

Há 2 000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento de água (runoff) no deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia (GNADLINGER, 2004). No Planalto de Loess, na China (Província Ganzu), existiam cacimbas e tanques para armazenar água de chuva há mais de dois mil anos.

Os romanos foram famosos por terem levado água para as cidades através de aquedutos, mas usavam também a captação de água de chuva em larga escala. Deles, os árabes herdaram as tecnologias, as quais serviram de exemplo para os espanhóis e portugueses. Nestas línguas existe, além do nome ‘cisterna’ de origem latina, o termo “*algibe*” de origem árabe, para tanques de água de chuva. Os portugueses implantaram a captação de água de chuva em vários lugares do mundo. Cita-se como exemplo as Ilhas Madeira e Porto Santo, mas não no Brasil (GNADLINGER, 2004).

Pelo mundo são encontrados inúmeros reservatórios de água de chuva para consumo humano, muitos escavados em rochas como na famosa fortaleza de Masada (Israel), na Península de Iucatã (México) e em Monturque – Roma (Itália). No Norte do Egito e África foram

encontrados recentemente tanques com capacidade de armazenamento de água de 200 a 2000 m<sup>3</sup>, muitos deles utilizados até hoje (JAQUES, 2005).

A utilização de águas oriundas das chuvas é uma técnica popular na China desde milhares de anos, e usada para fornecer água potável suficiente para as pessoas e animais domésticos (MOU, WANG & KUNG 1999). Em 1995, foi lançado pelo governo chinês, na Província de Gansu, o Projeto 1-2-1 de Captação de Água de Chuva (CAC): um telhado, duas águas e uma terra. O governo apoiou as famílias fornecendo 1,5 toneladas de cimento. Neste projeto, o sistema de captação é composto pelo próprio telhado e o pátio da residência que foi revestido de concreto; usam-se dois tanques de armazenamento, um para uso doméstico e outro para irrigação da horta e um terreno para cultivar hortaliças e árvores frutíferas. Até o final de 2005, 2,08 milhões de cisternas foram construídas com volume de armazenamento total de cerca de 62 milhões de m<sup>3</sup> (QIANG & YUANHONG, 2009).

No final do século XX um programa regional de captação de águas pluviais foi iniciado por duas organizações localizadas no Sul da África. O objetivo era influenciar a comunidade política daquela região com práticas alternativas de abastecimento de água e a meta foi incentivar o aumento da utilização de águas pluviais e a implementação de melhores técnicas para coleta da água da chuva. Os países participantes do programa: Namíbia, Botsuana, África do Sul, Moçambique e Zimbábwe (DYER, 1999).

No Texas, nos Estados Unidos, a captação e armazenamento da água de chuva em cisternas foram muito utilizados no início dos anos de 1900, entretanto, essa tecnologia ficou obsoleta com o surgimento de sistemas municipais de distribuição de água. Quase um século depois, no início de 1990, no entanto, o aumento populacional e a maior demanda para o abastecimento renovaram o interesse da coleta da água da chuva por particulares, empresas, serviços públicos de água, municípios e do governo estadual. Um estudo na área metropolitana do tamanho de Dallas mostrou que se apenas 10% da área do telhado fosse utilizada na coleta de água de chuva, cerca de 7,6 bilhões de litros de água poderiam ser recolhidos anualmente (KRISHNA, 2007).

Na Austrália, em 2003, os governos dos estados de Nova Gales do Sul (New South Wales) e Vitória (Victory), compensaram financeiramente os comerciantes, empresários e quaisquer moradores que comprassem tanques para estocar e utilizar água de chuva. Eram ressarcidos com valores de até 500 dólares australianos para aqueles que aproveitassem a água de chuva para lavagem de roupa e descarga de vasos sanitários (UNEP, 2009).

Em Berlim foram introduzidos sistemas de águas pluviais no final do século passado. A coleta da água de chuva era realizada em 19 edifícios, totalizando uma área de captação de



32.000 m<sup>2</sup>. Esses edifícios possuíam um sistema de canalização da água coletada que a direcionava para um tanque de 3.500 m<sup>3</sup>, com objetivo de controlar as inundações urbanas e armazenar água para regar zonas verdes, reposição de um lago artificial e outras funções menos nobres (UNEP, 2009).

Na Tailândia, foi criado em 1980 o PNJAP (Programa Nacional de Jarras de Água Potável) a partir de iniciativa do governo e depois com iniciativa privada. Foram construídas até 2009 aproximadamente 10 milhões de jarras. A capacidade mais popular das jarras é de 2.000 litros e custa R\$ 40,00 (preço estimado em dezembro de 2009) (Figura 4). Na Tailândia cada família geralmente possui mais de uma jarra. Para satisfazer uma meta diária de consumo de 5 litros de água potável por pessoa durante uma estiagem de 200 dias (em torno de 7 meses), são necessários 1.000 litros de água, quer dizer uma jarra é suficiente para suprir a necessidade de água de duas pessoas. A tecnologia de construção é simples, rápida e barata, usam-se apenas areia grossa, argila e cimento. Depois da jarra pronta, a água da chuva é coletada por uma calha, que conduz a água a um funil conectado a uma mangueira flexível que pode ser colocada nas diferentes jarras (GNADLINGER, 2009).



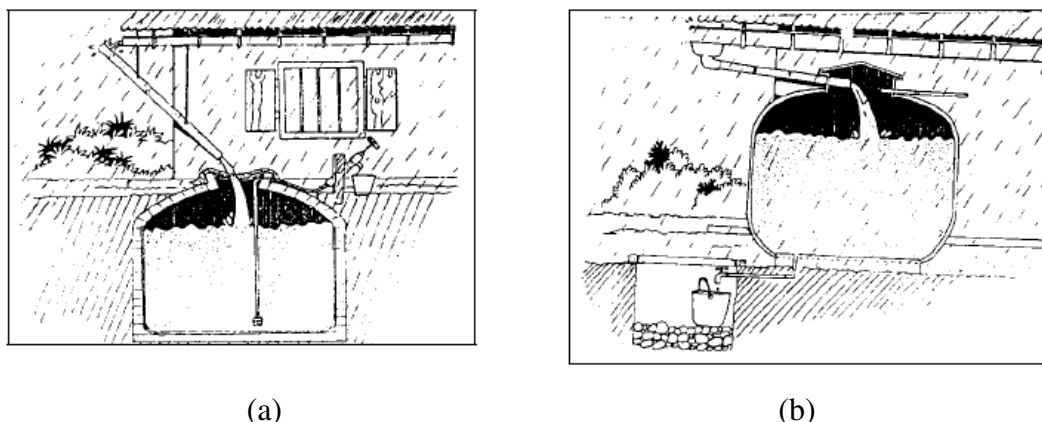
**Figura 4.** Tipos de jarras usadas no armazenamento da água da chuva na Tailândia.

Fonte: INEP, 2009; Gnadlinger, 2009.

Na Nova Zelândia, mais de 10% da população usa sistema de captação de água pluvial como suprimento de água potável, especialmente em áreas rurais que não são servida por abastecimento municipal. Nesse país o controle legal de abastecimento de água individual é responsabilidade da Lei da Construção Civil de 2004 e da Lei de Saúde de 1956. A primeira

exige que qualquer instalação individual esteja equipada com água de boa qualidade para consumo humano, higiene oral, lavagem de utensílios e preparação de alimentos. A Lei da Saúde, no artigo 39 diz que é ilegal deixar ou vender uma casa que não haja um suprimento de água potável (ABBOTT; CAUGHLEY & DOUWES, 2007).

No Sri Lanka, a captação de água pluvial para uso doméstico foi praticada por muitos séculos. No país, a captação é realizada por três métodos: coleta a céu aberto, coleta em troncos de árvores e coleta usando área de captação, sistema de calhas e armazenamento em tanques quadrados de tijolos. Em 1992, o governo do Sri Lanka iniciou o Abastecimento de Água e Saneamento (CWSSP) com a ajuda do Banco Mundial, em comunidades sem acesso ao abastecimento de água canalizada. Foram projetados para uso local dois tipos de tanques com capacidade de 5m<sup>3</sup> (Figura 5), um deles de tijolos construído abaixo do solo, o outro, chamado de tanque ferrocimento é construído acima do solo. Ambos coletam água de chuva que escoam através do telhado. O primeiro sistema usa uma bomba para retirada da água, o segundo retira a água através de uma torneira instalada no fundo (ARIYANANDA & MAWATHA, 1999).



**Figura 5.** Tipos de cisternas instalados pelo Governo do Sri Lanka. a) Cisterna de tijolos; b) Cisterna de ferrocimento.

Fonte: Ariyananda & Mawatha, 1999.

No Brasil, a prática de captação e armazenamento de água de chuva não foi difundida de forma exitosa até o final do século XX. Os portugueses já tinham certo domínio da técnica de captação e armazenamento da água da chuva vivenciado em expedições à região Norte da África, porém, as características climáticas do Brasil não eram preocupantes ao ponto de desenvolver essas práticas em grande escala na então colônia (GNADLINGER, 2004).

Os primeiros registros de captação de água de chuva no País datam de 1555. Na cidade do Rio de Janeiro, o francês Jean de Lery descreve a qualidade estética da água da chuva:

*“Por bebida tivemos uma água de cisterna, ou antes, de uma calha que recolhia água da chuva e essa água era tão esverdeada e suja como a de um charco de rãs, ainda assim, embora fosse fétida e corrompida, a achávamos boa em comparação da que bebêramos na viagem”*

Jean de Lery (MELLO, 1991)

Os primeiros relatos de utilização da água de chuva no Nordeste brasileiro datam de 1587, referindo-se ao uso, pela população de Olinda-PE de água de chuva captada dos telhados do Colégio dos Jesuítas. Em 1624, Frei Jaboatão, do Convento Franciscano, em seu “Novo Orbe Seráfico Brasília” descreve a construção de uma grande cisterna usando como área de captação os telhados altos do Convento Franciscano de Olinda, e armazenando água em quantidade suficiente para o convento e para a população circunvizinha (MELLO, 1991).

Na ilha de Fernando de Noronha, em 1943, o exército Norte-Americano acampado na região implantou um sistema de captação e armazenamento de água de chuva na Ilha, o sistema foi melhorado e até os dias atuais a água da chuva é utilizada como fonte de água potável em Fernando de Noronha (OLIVEIRA, 2007).

A disseminação da tecnologia de captação e armazenamento de água de chuva para consumo humano no Brasil só foi impulsionada no final do século XX, com ações da CPATSA que desenvolveu nas décadas de 70 e 80 tecnologia em pequenas comunidades rurais para captação e armazenamento da água de chuva para fins de consumo humano. No ano de 1999 foi criada a ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro) que, em 2001 ficou responsável por gerenciar o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) em toda a área rural do semiárido brasileiro para o benefício de um público estimado em 5 milhões de pessoas (EMBRAPA 1984; ASA, 2009).

Em grandes centros urbanos, como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre têm sido adotadas legislações específicas sobre a coleta da água da chuva, visando à redução de enchentes. Nestas cidades, alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água pluvial, não apenas para reduzir o pico de cheias como também visando sua utilização para fins não potáveis. O Estádio João Havelange, no Rio de Janeiro, capta cerca de 11,3 mil m<sup>3</sup> anuais de água de chuva, utilizando apenas 6% de seus 200 mil m<sup>2</sup> de área construída. (ANNECCHINI, 2005; FRANCI, 2006; SICKERMANN, 2007).

Existem também empresas estrangeiras especializadas, com filial no Brasil, que fabricam e fornecem soluções para o aproveitamento da água da chuva, como o desenvolvimento de filtros especiais para filtrar água de chuva de telhados com áreas até 200 m<sup>2</sup>. Normalmente este filtro é

instalado no fluxo diretamente no subsolo antes do acesso à cisterna de concreto ou no tanque de plástico (Figura 6) ( 3P TECHNIK, 2009).



**Figura 6.** Sistema industrial de filtro para água de chuva.

Fonte: 3P TECHNIK, 2009.

Água de chuva já pode ser encontrada engarrafada na Europa, Tasmânia, e EUA (Figura 7). A empresa Tank Town instalada no Texas, região com índices pluviométricos médios de 320 mm, capta água de chuva através de uma área de captação de 20.000 m<sup>2</sup> para armazenamento em 13 tanques de fibra de vidro com capacidade de 300 000 L, a empresa usa sistemas de tratamento como filtração de osmose reversa e desinfecção por ultra violeta mas sem uso de tratamento químico, sendo a primeira empresa dos EUA com esse serviço (KRUG, 2004; TANK TOWN, 2009; VARA, 1995).



**Figura 7.** Água de chuva engarrafada: a) Estados Unidos (Texas); b) Tasmânia

Fonte: Tank Town, 2009.

### 3.2 Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)

A região do semiárido brasileiro ocupa uma área de 67% da região Nordeste, com área de 969.589,4 km<sup>2</sup> totalizando uma população de 20.858.264 milhões de pessoas, 44% destas residindo na zona rural, é uma região caracterizada por grande diversidade de quadros naturais e socioeconômicos (Figura 8) (BRASIL, 2005; BRITO, SILVA & PORTO, 2007). Do ponto de vista físico-climático, o semiárido caracteriza por médias térmicas elevadas (acima de 26°C) e duas estações bem distintas: uma seca na qual chove muito pouco, e uma úmida quando ocorrem precipitações irregulares (D'ALVA & FARIAS, 2008).



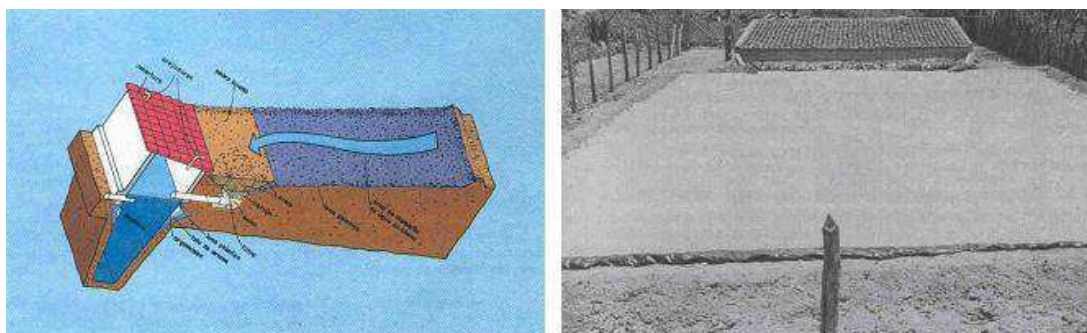
**Figura 8.** Demarcação física do semiárido brasileiro.

Fonte: Brasil, 2005.

A irregularidade e má distribuição das precipitações pluviométricas na estação chuvosa juntamente com a intensa evaporação durante o período de estiagem e o elevado escoamento superficial das águas, conjugam-se para conformar uma acentuada deficiência hídrica (D'ALVA & FARIAS, 2008).

A captação e o armazenamento de água pluvial em cisternas individuais tornam-se uma solução viável para estocar a água de chuva para uso durante o período de estiagem que assola a região. Esta prática começou e ser difundida em larga escala na região ao final do século XX, a

partir de ações do Centro de Pesquisa do Trópico Semiárido (CPATSA), datada de 1979, que desenvolveram cisternas com capacidade de até 100 m<sup>3</sup> (Figura 9), usando como área de captação o próprio solo que podia ser revestido com material impermeável para melhorar o escoamento e evitar arrastar a sujeira do solo. Essas cisternas eram dotadas de filtros e bomba manual para retirada da água (EMBRAPA, 1984). Com o passar dos anos alguns desses sistemas ficaram em desuso, principalmente por falta de manutenção.



**Figura 9.** Modelo de cisterna proposto pelo CPATSA para captação e armazenamento de água de chuva em 1979.

Fonte: EMBRAPA, 1984

A disseminação de cisternas rurais no semiárido foi fortalecida a partir de 1999, quando foi criada a ASA, durante a 3ª Conferência de Combate à Desertificação e à Seca, em Recife. Na ocasião, a sociedade civil organizada e atuante no semiárido, reproduzindo a experiência da RIO-92, promoveu o Fórum Paralelo da Sociedade Civil. A ASA teve um papel decisivo na coordenação desse processo, consolidando-se como espaço de articulação política da sociedade civil, em fevereiro de 2000. A base de sua constituição é a Declaração do Semiárido, documento que sintetiza as percepções dos grupos participantes da ASA em torno da região (ASA, 2009).

A ASA é um fórum de organizações da sociedade civil, que reúne cerca de 750 entidades, entre sindicatos de trabalhadores rurais, associações de agricultores, cooperativas de produção, igrejas, entre outras, que trabalham para o desenvolvimento social, econômico, político e cultural da região semiárida.

O P1MC (Programa Um Milhão de Cisternas) foi criado por organizações da sociedade civil agregadas à ASA com o objetivo de construir um milhão de cisternas em cinco anos, a partir de 2001. Em 2003, o P1MC foi incluído na política governamental do P

rograma Fome Zero, tendo como fontes de recursos o Governo Federal, a Organização das Nações Unidas (ONU), a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) e várias organizações estrangeiras. Para viabilizar a assinatura de termo de parceria com o Governo Federal, a ASA criou a Oscip Associação Programa Um Milhão de Cisternas (AP1MC). As

atividades da APIMC desenvolvem-se em diferentes instâncias. A estrutura desdobra-se em representações estaduais, que se dividem, por sua vez, em Unidades de Gestão Microrregionais (UGMs). Também participam do processo diversas entidades, como: associações, paróquias, grupos de trabalhadores, entre outras, que passaram a ser denominadas Unidades Executoras Locais (UEL). Existem, ainda, as associações de grupos de famílias (PALMEIRA, 2006).

Dos modelos de cisternas existentes, o PIMC escolheu a cisterna de placas pré-moldadas, principalmente pela facilidade de construção, fácil replicabilidade da tecnologia de construção, baixos custos e durabilidade. O modelo tem capacidade de armazenamento de água de 16 m<sup>3</sup>, suficientes para atender às necessidades básicas de uma família com cinco pessoas, por um período sem chuvas de até 240 dias (BRITO *et AL.*, 2007).

A água é captada da chuva, através de calhas instaladas nos telhados. A cisterna é construída por pedreiros das próprias localidades, formados e capacitados pelo PIMC e, pelas próprias famílias, que executam os serviços gerais de escavação, aquisição e fornecimento da areia e de água. Os pedreiros são remunerados e a contribuição das famílias nos trabalhos de construção se caracteriza com a contrapartida no processo (ASA, 2009).

Segundo Santos *et al.* (2008) os fundamentos estabelecidos pelo programa PIMC são: implementação de políticas públicas focadas na mitigação dos efeitos da seca e na identificação de modelos de desenvolvimento sustentável; alternativas tecnológicas para o aproveitamento das águas de chuva nas áreas rurais do semiárido brasileiro; desenvolver e disponibilizar, para pequenas comunidades rurais difusas, técnicas e métodos de dimensionamento, construção e manejo de sistemas de abastecimento d'água de chuva; desenvolver um processo educativo e de mobilização social, visando uma convivência sustentável com o semiárido, minimizando os problemas de saúde e eliminando os casos de transmissão de doença de veiculação hídrica.

Inspirado no "Programa 1-2-1" implantado na China (uma área de captação de água de chuva, dois tanques de armazenamento para a água captada e uma terra para plantação de culturas comercializáveis), foi criado no Brasil o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), é um programa de formação e mobilização social para convivência com o semiárido, semelhante ao PIMC, o objetivo é ir além da captação de água de chuva para o consumo humano, avançando para a utilização sustentável da terra e o manejo adequado dos recursos hídricos para produção de alimentos (animal e vegetal), promovendo a segurança alimentar e a geração de renda (GNADLINGER, SILVA & BRITO *et al*, 2007; ASA 2009).

### 3.3 Componentes do Sistema de Coleta de Água de Chuva

#### 3.3.1 Área de captação

Um dos principais problemas com a água coletada da chuva são as superfícies que são usadas para captação, exemplo, os telhados, que acumulam sujeiras durante períodos de estiagens, sendo necessário o descarte das primeiras águas que escorrem da área de captação. No semiárido são utilizados dois tipos de áreas de captação, o telhado e o calçadão (Figura 10). O primeiro é o mais usado pois a estrutura de captação é o próprio telhado da residência, o que diminui o custo da implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva. O sistema de captação tipo calçadão tem a facilidade de limpeza pelos moradores ao longo do tempo, devido à facilidade do acesso ao mesmo e o inconveniente de ser mais oneroso na construção, tomar mais espaço e risco de respingar sujeiras do chão para área de captação.



(a)



(b)

**Figura 10.** Tipos de área de captação de água de chuva no semiárido brasileiro, a) captação por telhado; b) captação por calçadão.

Na Província de Gansu, China, o Projeto 1-2-1 de Captação de Água de Chuva (CAC), um telhado, duas águas e uma terra. São usados como área de captação o telhado e um calçadão ou pátio que fica na frente da casa (Figura 11) (QIANG & YUANHONG, 2009).





**Figura 11.** Área de captação integrada em residências na China (telhado e calçada).

Fonte: Qiang & Yuanhong, 2009

O Tipo de telha mais utilizada na região do semiárido brasileiro é o cerâmico, são mais permeáveis que as telhas metálicas, ou seja, parte da água é absorvida, além disso, o escoamento das águas das chuvas sobre a cobertura de telhas cerâmicas, com alta velocidade, pode superar a resistência à abrasão do material e transportar sedimentos ao longo do seu percurso, tanto das partículas de sujeira depositadas superficialmente, quanto do próprio material que, no caso, é a cerâmica (BOULOMYTIS, 2007).

Cardoso (2009) comparou, em Belo Horizonte –MG, a qualidade da água que escoava de dois tipos de telhados diferentes, um com telhas de cerâmicas e outro com telhas metálicas. O telhado metálico, de modo geral, apresentou a água de melhor qualidade do que água captada em cisternas com telhas cerâmicas, em destaque para os indicadores microbiológicos, fato justificado que a telha metálica ao ser aquecida, provavelmente, inativa muitos microorganismos ali presentes.

A Diaconia, entidade que atua na execução do PIMC como Unidade Gestora Microrregional no Sertão do Pajeú-PE e Médio Oeste-RN, realizou pesquisa sobre a área de telhado em 22 comunidades dessas regiões e comprovou a viabilidade da captação de água de chuva por meio dos telhados das residências, tendo em vista que a área média dos telhados era de 84 m<sup>2</sup>, no entanto, verificou-se que 16% das residências tinham áreas de telhados com até 50 m<sup>2</sup>, insuficiente para atender à demanda anual de água para beber e cozinhar de uma família média de 5 pessoas, levando em consideração índice pluviométrico em ano de seca severa de 250 mm e uma perda em torno de 25%. Foi testado e difundido em algumas comunidades de atuação da Diaconia um novo tipo de área de captação, composta por uma calçada cimentada de 110 m<sup>2</sup>, apresentando uma declividade mínima de 3%, um sedimentador, um Joelho telado interligado a um cano de 100mm que leva a água até a cisterna e um cano de uma polegada para esgotar a

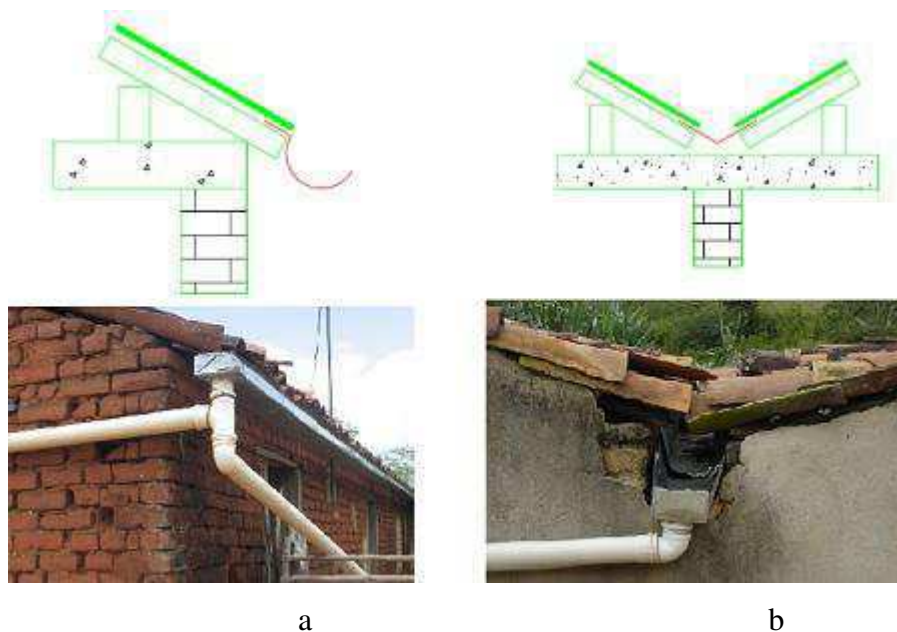
água residual do sedimentador, um cercado é construído como proteção da área de captação (JALFIM *et AL.*, 2003).

Segundo trabalhos de Blackburn *et al.* (2005) e Schüring & Schwientek (2005), em estudos realizados em comunidade do sertão do Pajeú-PE, a cisterna com captação de água do telhado que não usa sistema de desvios das primeiras águas, oferece mais riscos de contaminação microbiológico da água armazenada quando comparada às cisternas que usam área de captação tipo calçada.

### 3.3.2 Subsistema de condução

O subsistema de condução correspondente ao transporte da água captada no telhado até o seu despejo no interior da cisterna, através de sistema de calhas e dutos, nas cisternas instaladas pelo P1MC são usadas calhas de folha de zinco e os tubo de PVC. A manutenção desse sistema é importante para a conservação da qualidade da água, as calhas acumulam sujeiras, folhas, dejetos de pequenos animais e os dutos por serem fechados e com aberturas nas extremidades são um ambiente agradável para pequenos animais e insetos.

O desenho das calhas apresenta geralmente as seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular. As calhas mais populares nas comunidades do semiárido são do tipo: calha de beiral instalada no beiral e a calha instalada no encontro das águas do telhado, chamado de calha de água furtada (Figura 12) (GHISI & GUGEL, 2005).



**Figura 12.** Tipos de calhas – a) calha de beiral; b) calha de água furtada

### 3.3.3 Cisternas

Segundo a UNICEF (2008), o tanque para armazenamento de água pluvial é uma categoria especial de recipiente de armazenamento de água em casa. O fato da água estar armazenada em tanque de água pluvial significa que podem existir vias de contaminação potencial (rachaduras, difícil limpeza, manejo) e, por estar localizado fora da residência, muitas vezes é mais propenso à contaminação por animais e insetos. Longo tempo de armazenamento pode causar problemas de qualidade, incluindo o crescimento de algas (se não protegida da luz) e larvas do mosquito.

Não é recomendável construir a cisterna em locais próximos a currais, fossas, latrinas e depósitos de lixo, sendo recomendada distância mínima recomendada é de 15 metros (FUNASA, 2006). A cisterna deve ser construída, preferencialmente, próxima à cozinha para facilitar o manuseio da água para o interior da residência, de preferência em local que passe o maior período na sombra e sem árvores nas proximidades, principalmente com raízes que possam causar danos à estrutura da cisterna.

O tipo de cisterna mais difundido no semiárido brasileiro é a cisterna de placas pré moldadas (Figura 13), sendo adotado pelo Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) e construídas próximas aos domicílios das famílias rurais. Entretanto, outros tipos de cisternas são amplamente difundidos no Brasil e no mundo, como cisternas de tijolos, de tela e arame, ferro-cimento, cal, PVC, fibra de vidro, entre outras. O mercado também dispõe de várias alternativas de reservatórios pré-fabricados, dentre eles destacam-se os reservatórios feitos de fibras de vidro e polietileno.

A idéia da construção de cisternas tipo placas pré-moldadas de concreto e arame liso, rebocada por dentro e por fora, construída atualmente no nordeste brasileiro, surgiu no Estado de Sergipe, na cidade de Simão Dias, há aproximadamente 40 anos, e partiu do pedreiro Manoel Apolônio de Carvalho (Noel), que após passar vários anos na cidade de São Paulo-SP construindo piscinas, aprendeu a utilizar placas de cimento pré-moldadas (Figura 13). Em seu retorno ao Nordeste, aplicou sua experiência para criar um novo modelo de cisterna rural, de forma cilíndrica, a partir de placas pré-moldadas curvadas (MATIAS, 2001; GALIZONI & RIBEIRO, 2004). O modelo de cisterna de placas esta difundido em todo o semiárido brasileiro, e continua sendo construído com êxito no P1MC.



**Figura 13.** Etapas da construção de cisternas de placas pré-moldadas

As principais vantagens e desvantagens da cisterna de placas pré-moldadas são citadas abaixo:

**Principais vantagens:**

- Ferramentas e materiais necessárias de fácil aquisição, estando disponíveis em todas as comunidades rurais;
- Eficiente para projetos pequenos de construção de cisternas, que prevêm a construção de um número limitado de cisternas em um curto tempo;
- Baixo custo de construção;
- Facilidade no treinamento das pessoas que irão construir as cisternas;
- A água armazenada fica com característica “fresca”, já que a cisterna fica semi-enterrada.

**Principais desvantagens:**

- A aderência entre as placas de concreto é insuficiente. Tensões podem provocar fissuras e, conseqüentemente, vazamento;

- A parte subterrânea não pode ser examinada para detectar possíveis vazamentos;
- Um conserto de vazamentos é impossível na maioria das vezes;
- Deve-se ter cuidado especial durante as duas semanas seguintes a construção, pois as paredes da cisterna não podem ressecar.

Cada região do Brasil busca alternativas de tecnologia de construção de cisternas que se adeqüe à realidade local e que seja aceito pela população. No Estado de Santa Catarina, por exemplo, foi desenvolvido um tipo de reservatório, construído sobre o solo, com placas de ardósia, montadas justapostas e envoltas por uma armadura de aço estrutural e uma tela fina com malha que possibilite a argamassagem manual. Este tipo de cisterna apresenta baixo custo e pode ser dimensionada para diferentes volumes da água da chuva (Figura 14) (LISBOA *et AL.*, 2009).



**Figura 14.** Etapas da construção de cisternas de ardósia armada

Fonte: Lisboa *et. al*, 2009

### 3.4 Qualidade da água de chuva

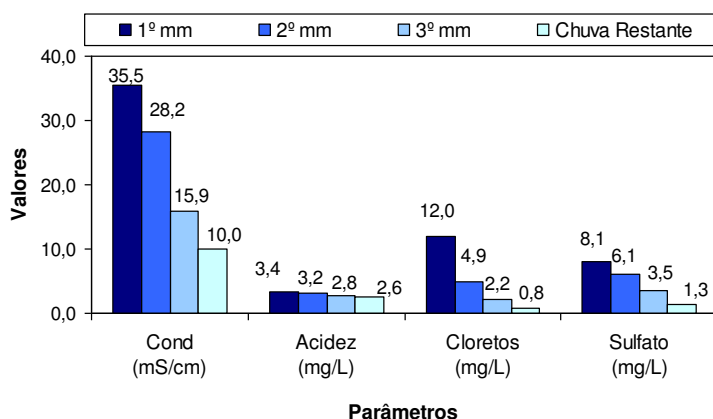
A qualidade da água da chuva está diretamente relacionada com a qualidade do ar. Normalmente a contaminação da atmosfera é mais elevada nas localidades próximas aos grandes centros urbanos, seja pelas indústrias, pelo tráfego intenso de automóveis, caminhões, etc, ou

pela agricultura. Nos ecossistemas rurais a poluição do ar pode ser provocada principalmente pela atividade da agroindústria ou em áreas de garimpo, o mercúrio (Hg) utilizado para separar o ouro pode contaminar a atmosfera (MALHEIROS & PHILIPP JR., 2005).

A qualidade da água da chuva, dependendo da região onde for coletada, pode ter diversas substâncias químicas dissolvidas e material particulado, em maior ou menor proporção; alguns componentes químicos em excesso podem causar problemas à saúde humana e inviabilizar o aproveitamento das águas pluviais. Entretanto, após a eliminação dos primeiros milímetros de precipitação, geralmente a qualidade da água melhora significativamente (ANDRADE NETO, 2003; MALHEIROS & PHILIPP JR., 2005). Fatores geográficos (proximidade do oceano), presença de vegetação, condições meteorológicas (regime de ventos), e estações do ano também são fatores que influenciam a qualidade da água da chuva (ANNECCHINI, 2005; TOMAZ, 2003).

A atmosfera das regiões rurais, principalmente do semiárido brasileiro, geralmente é de elevada pureza, porém, próximo a grandes cidades, atividades industriais e queimadas podem comprometer sua qualidade. A composição normal do ar é de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 1% de argônio, entre outros gases, cujas concentrações são bem menores, como o CO<sub>2</sub> (MALHEIROS & PHILIPP JR, 2005).

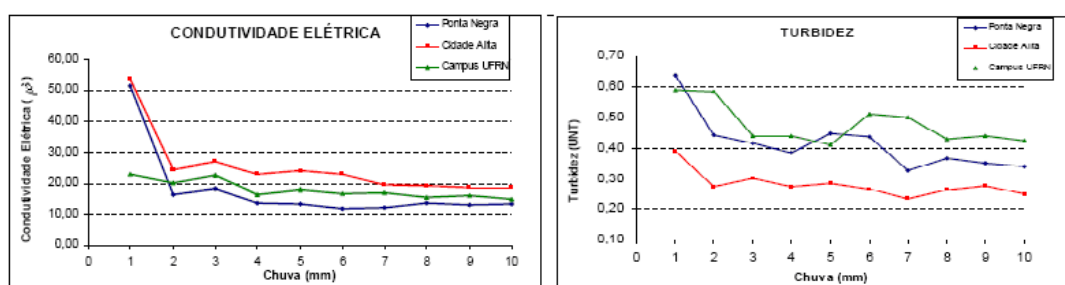
Diversos trabalhos demonstram que após o primeiro milímetro de água precipitada a qualidade da água da chuva melhora significativamente. Anecchini (2005), em Vitória – ES, realizou estudos separando os três primeiros milímetros de precipitação e a soma da chuva restante ocorrida, no campus universitário, e observou que depois do primeiro milímetro ocorre redução de condutividade elétrica, acidez, cloretos e sulfato (Figura 15).



**Figura 15.** Resultados da qualidade da água de chuva em Vitória -ES

Fonte: Anecchini, 2005

Mello (2007) desenvolveu experimento para coletar os 10 primeiros milímetros de chuva em três pontos da cidade de Natal –RN. Verificou que depois do primeiro milímetro e que ao longo do evento chuvoso ocorre uma melhora significativa na qualidade da água da chuva. Nos pontos de coleta da Cidade Alta e Ponta Negra, devido à alta poluição da atmosfera, ocorreu grande redução da turbidez e condutividade elétrica do primeiro para o segundo milímetro, estabilizando, com pequenas variações, a partir do segundo milímetro precipitado. Já no Campus Universitário de Natal, por ser uma área com baixa poluição, a água da chuva apresentou de ótima qualidade, desde o início da precipitação para os indicadores de condutividade elétrica e turbidez, com os indicadores praticamente estáveis durante todo o período de precipitação (Figura 16).



**Figura 16.** Valores médios de condutividade elétrica e turbidez de cada milímetro de chuva para as três localidades pesquisadas em Natal

Fonte: Mello, 2007

### 3.5 Qualidade da água armazenada em cisternas

A estrutura de captação, calhas e dutos e o reservatório de armazenamento de águas pluviais são de suma importância não apenas como estruturas físicas para coleta e armazenamento da água de chuva, tais sistemas são importantes barreiras sanitárias, que manuseados de forma adequada minimizam a contaminação microbiana da água armazenada na cisterna.

O telhado ao longo de períodos de estiagem acumula sujeira, como dejetos de pássaros e pequenos mamíferos, depósitos de poeiras, microorganismos e folhas; o duto, por ser ambiente fechado é abrigo para pequenos insetos e animais. A cisterna também é um ambiente vulnerável, sua estrutura física deve ser mantida íntegra, a tampa fechada e seu interior deve ser lavado a cada período de estiagem (cada ano). O manejo da água armazenada na cisterna pelos moradores

também pode ser fonte de contaminação. Fatores como a introdução de água de barreiros, de açude ou fontes de água sem garantia sanitária comprovada pode levar à depreciação da qualidade da água armazenada. Outras observações, como períodos do ano (chuvoso e seco) e tempo de construção das cisternas (novas e velhas) são importantes nas características da qualidade da água.

A qualidade da água armazenada em cisterna já foi motivos de estudos em diversas regiões, em que verificou que em áreas urbanas geralmente a qualidade física, química e microbiologia estão fora dos padrões de potabilidade, já em áreas rurais, a maioria dos indicadores físicos e químicos estão com valores que não são prejudiciais ao consumo humano, com os indicadores microbiológicos bem superiores do que determina a Portaria vigente no País.

Plazinska *et al.* (2001) avaliaram a qualidade microbiológica (coliformes totais, estreptococos fecais e bactérias heterotróficas) em 100 cisternas de comunidades indígenas na Austrália. Estes autores observaram pelo teste de presença e ausência que em 84% das amostras apresentaram contaminação para coliformes totais. A contagem de bactérias totais em placas apresentou contaminação variável. Para *Streptococos fecais*, em apenas 29% baixo (0-100 UFC/100 mL), enquanto 47% médio (101-1000 UFC/100 mL) e 24% de alta (> 1000 UFC/100 mL) de contaminação, para bactérias heterotróficas, estavam em baixa em 17% (100 a 3.500 UFC/100 mL), médio em 55% (5.000 a 50.000 UFC / ml) e alto nível em 28% dos tanques (30.000 a 300.000 UFC/100 mL). Em nenhum dos reservatórios existiam sistemas de desvios das primeiras águas e/ou calhas protegidas, valendo ressaltar que a coleta foi realizada durante o período de chuva o que contribuiu para uma contaminação mais recente.

Abbott; Caughley & Douwes (2007), na Nova Zelândia, investigaram a qualidade microbiológica das águas de 560 cisternas rurais e os cuidados que os moradores detinham com os sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais. Na nova Zelândia a norma para água potável - DWSNZ 2005- determina para coliformes totais e *E. coli* sejam inferiores a 1 organismo por 100ml. Para os autores, é quase inevitável que água pluviais captadas e armazenadas mantenham-se ausente de contaminação. Os autores optaram por considerar as contagens de menos de 60 organismos por 100 ml como aceitáveis. Com uso dessa classificação, 47% das amostras foram consideradas "aceitáveis" para coliformes totais e 59% das amostras como "aceitáveis" para a *E. coli* (Tabela 1).



**Tabela 1.** Qualidade da água em cisternas na Nova Zelândia

Faixa do NMP/100mL	Coliformes totais (n=560)	<i>E.coli</i> (n=560)
0-10	179 (32%)	202 (36%)
10-20	34 (6%)	56 (10%)
20-60	50 (9%)	72 (13%)
60-100	67 (12%)	84 (15%)
100-200	6 (11%)	90 (16%)
>200	168 (30%)	56 (10%)

Fonte: adaptado de Abbott; Caughley & Douwes, 2007

O mesmo trabalho verificou o nível de cuidado com a limpeza de calhas e reservatórios. Apenas em 20 e 15% das residências foi observada a limpeza de calhas e reservatórios, respectivamente (Tabela 2). Foi verificado que em 62% das residências não existia sistema de barreiras sanitárias físicas, em apenas 6% havia sistema de desvio das primeiras águas da chuva. Quanto ao tratamento da água no interior da residência, 52% dos moradores não faziam nenhum tipo de tratamento, em 6 e 10% era realizado a cloração e filtração, respectivamente.

**Tabela 2.** Nível de limpeza de calhas e cisternas na Nova Zelândia

	Limpeza das calhas	Limpeza da cisterna
Não sabia	3%	18%
Sem limpeza	10%	30%
Trimestral	18%	0%
Semestral	1%	0%
Anual	33%	16%
Bi-anual	15%	21%
Periodicamente	20%	15%

Fonte: adaptado de Abbott; Caughley & Douwes, 2007

Brito *et al.* (2005) em estudo com 46 cisternas do semiárido baiano e pernambucano observaram que as variáveis físicas e químicas atendiam aos padrões de qualidade para água potável da Portaria 518/2004-MS, porém, as análises bacteriológicas indicavam presença de coliformes fecais na maioria das cisternas. Já Amorim & Porto (2001), em trabalho com 14 cisternas em Petrolina-PE, observaram que todas apresentaram contaminação com coliformes totais, com valores de NMP/100 mL variando de 40 a 16 000 NMP/100 mL e em duas cisternas a água apresentou turbidez acima do permitido, ou seja, maior que 5,0 uT.

Silva (2006), em estudos realizados em Araçuaí – MG, monitorou 16 cisternas em duas comunidades rurais. Dessas, oito eram recém construídas, ou seja, estavam armazenando o

primeiro ciclo de chuva, e as oito restantes já tinham mais de dois anos de uso. Os resultados obtidos demonstraram que os valores de pH, ferro, zinco, coliformes totais e estreptococos fecais não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos de cisterna. As cisternas recém construídas 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, apresentando valores elevados de *E.coli*, e de contagem de bactérias heterotróficas, *C.perfringens* e nitrato, provavelmente pelo mau estado de conservação da estrutura e pela não realização da limpeza periódica (Tabela 3).

**Tabela 3.** Média dos indicadores de qualidade de cisternas novas e antigas em Araçuaí – MG

Indicadores	Cisternas novas	Cisternas antigas
pH	8,4	8,3
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	41,9	47,8
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	34,7	51,1
Alumínio (mg/l)	1,5	0,5
Sódio (mg/l)	3,6	2,5
Ferro (mg/l)	0,046	0,046
Zinco (mg/l)	0,017	0,012
Coliformes totais (NMP/100 mL)	4,8E+02	3,7E+03
<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)	1,0E+02	7,3E+02
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	142,18	441,38
<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100 mL)	24,75	377,85
Estreptococos fecais (NMP/100 mL)	4,25	8,81

Fonte: adaptado de Silva, 2006

Poucos trabalhos realizaram pesquisa sobre parasitos em águas de cisternas. Schüring & Schwientek (2005) analisaram a presença de parasitos em água de 71 cisternas do semiárido de Pernambuco e, dentre elas, 20 apresentaram algum tipo de parasito. Foram detectados cistos de *Entamoeba histolytica/dispar*, oocistos de *Cryptosporidium sp* e cistos de *Giardia sp* numa escala de 8, 6 e 2 cisternas analisadas, respectivamente. Xavier *et al.*, (2008), no município de Tuparetama - PE, detectou a presença de, pelo menos, um parasito (protozoário ou helminto) em 25 cisternas das 66 pesquisadas, destacando-se ovos de *Ascaris sp*, cistos *Entamoeba coli* e de *Giardia spp* presentes em 11, 7 e 7 cisternas, respectivamente.

### **3.6 Barreiras sanitárias**

Em regiões rurais, geralmente, a água de chuva possui excelente qualidade. A aceitabilidade desta água por parte dos moradores, é elevada exatamente pela percepção de que a água da chuva é “pura” e segura para beber, além da comodidade da cisterna ficar a poucos metros da residência. Entretanto, a água da chuva pode se contaminar na precipitação, captação, armazenamento e manejo, principalmente de contaminantes microbiológicos, que podem ser eliminados, com o mínimo de riscos à saúde dos consumidores, por meio de processos de desinfecção.

Águas de chuva captadas e armazenadas com a devida segurança sanitária são consideravelmente melhores e podem ser usadas para consumo humano. Quanto maior o risco de contaminação, maior deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas (ANDRADE NETO, 2004). Cuidados básicos podem minimizar a poluição da água armazenada em seu conjunto e constituem barreiras sanitárias. Como exemplos destes cuidados citam-se o desvio das primeiras águas de chuva, a limpeza do telhado, dos dutos e da cisterna, a proteção das entradas e saídas da água na cisterna, o uso de bomba para retirada da água e a desinfecção antes do consumo. O desvio evita que as primeiras águas de chuva captadas, que retiram as impurezas da atmosfera e do telhado, se misturem à água já armazenada, comprometendo sua qualidade.

Neste contexto, educação sanitária dos moradores é fundamental no processo de empoderamento das barreiras sanitárias. A educação sanitária é um instrumento para a conscientização sobre o uso correto, armazenamento e tratamento de água no âmbito do consumidor para manter a qualidade e uso racional da mesma, complementada com aspectos de higiene e manipulação de alimentos, habitação, higiene pessoal e eliminação de dejetos, a fim de contribuir para o objetivo último, que é a redução de doenças transmitidas pela água (OPS/CEPIS, 2002).

O Manual de Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água, do Ministério da Saúde (BRASIL 2006) lista as boas práticas e os perigos associados à captação a água de chuva destinada ao consumo humano no Brasil.

#### **Boas práticas na captação de água de chuva:**

- Dotar as cisternas que acumulam a água de chuva com dispositivos que propiciem o desvio das águas das primeiras chuvas;

- Dotar as cisternas de dispositivos de extravasamento, limpeza e ventilação, devidamente protegidos por telas para evitar o eventual acesso de animais e impurezas;
- Construir a cisterna com tampas seladas e removíveis;
- Dotar as cisternas com canalizações para a extração da água, cuidando para que a tomada de água seja feita com crivo ou tela de proteção para evitar a entrada de impurezas;
- Manter os telhados e calhas sempre limpos antes de cada estação de chuva;
- Manter os cuidados necessários para evitar condições propícias ao criadouro de vetores que procriem na água, a exemplo de mosquitos transmissores da dengue;
- Lavar e desinfetar a cisterna antes do acúmulo de água e zelar para a não contaminação dos dispositivos de extração de água, inclusive do próprio balde.

**Perigos associados à captação de água de chuva:**

- Utilização das primeiras águas de chuva (não utilização de desvio);
- Falta de manutenção adequada e/ou impurezas nas superfícies ou utensílios utilizados para a coleta de água (telhados, pátios, calhas, etc.);
- Superfícies ou utensílios utilizados para outros fins que não exclusivamente a coleta de água;
- Mau estado de conservação dos reservatórios (cisternas) utilizados para o recolhimento da água, apresentando fendas e/ou falta de cobertura apropriada;
- Existência de condições propícias para o estabelecimento de criadouros de vetores de doenças (por exemplo, dengue).

O UNICEF (2008), também destaca o uso de barreiras sanitárias na captação e armazenamento de água de chuva, como o uso de sistema de desvio das primeiras águas, tubo de drenagem para remover água da cisterna (sistema de bomba manual), como também aspectos estruturais do reservatório, como uso de tampas e acabamento interior liso para facilitar a limpeza

### 3.6.1 Dispositivo de desvio das primeiras águas

Na captação e armazenamento da água da chuva, a preocupação é a depreciação que a água pode sofrer durante o percurso da atmosfera até o reservatório de armazenamento. A primeira parte da água de chuva coletada em um telhado vem contaminada, lavando a poluição atmosférica e do próprio telhado e condutos, inclusive de sua lixiviação, estando esta carregada de poeira, partículas, esporos de fungos, algas, microrganismos, e metais, etc. Esta água da chuva inicial de pior qualidade pode ser desviada de forma manual através do uso de tubulações ou ainda de forma automática por meio de dispositivo de auto-limpeza sem alterar a qualidade da água armazenada na cisterna (LOPES *et AL.*, 2006; FRANCI, 2006)

Logo após os primeiros minutos do início da chuva a água coletada já adquire muitas das características de água potável, quando comparada com os indicadores da WHO (World Health Organization), superando em qualidade muitas águas disponíveis para a população rural, como as de pequenos barreiros e fontes contaminadas (LOPES *et al.*, 2006).

A eficiência da prática manual pode ser contestada pela falta de controle da quantidade de água descartada na primeira chuva, de maneira que a superfície de captação pode não ficar satisfatoriamente limpa. Outro inconveniente é a eventual ausência dos moradores quando ocorre a primeira chuva ou estão impossibilitados de fazer a remoção da calha ou do tampão (Figura 17), como no caso de idosos e de crianças (RODRIGUES *et al.*, 2007, SANTOS *et al.*, 2008).



**Figura 17.** Dispositivo para o desvio manual das águas das primeiras chuvas

Fonte: Rodrigues *et al.*, 2007

O reservatório de descarte automático das primeiras águas de chuva destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação e os volumes descartados são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação com relação à área de captação. Apenas após enchimento do desvio a água “limpa” seguirá pelos dutos para abastecer a cisterna.

No tocante ao manejo, existem duas estratégias que são mais utilizadas: o desvio das primeiras chuvas e o desvio das primeiras águas de cada evento chuvoso. Apesar da primeira técnica ser mais difundida no semiárido, acredita-se que a estratégia referente ao desvio das primeiras águas de cada evento chuvoso, independentemente da sua distribuição temporal, seja mais eficiente, pois a própria atmosfera e área de captação podem receber o acúmulo de sujeiras entre um evento chuvoso e outro, sendo recomendado o desvio das primeiras águas de cada precipitação.

Diversos trabalhos foram realizados para determinar a partir de que milímetro de precipitação a água da chuva pode ser coletada com a devida segurança sanitária, ou seja, o volume de água desviada deve ser suficiente para limpar a atmosfera, a área de captação, as calhas e os dutos. Alguns fatores também devem ser levados em consideração: as finalidades (fins potáveis ou não) e área espacial de captação (zona rural ou urbana) e o tipo de área de captação.

Pinheiro *et al.* (2005) em estudo de aproveitamento de água de chuva realizado em Blumenau-SC, utilizaram um descarte de eliminação das primeiras águas da chuva com capacidade apenas para eliminar 0,2 mm, e quando compararam os resultados do desvio com o reservatório de acúmulo da água de chuva, observaram, para os indicadores analisados, uma redução significativa do desvio para o reservatório de acúmulo da água de chuva, conforme descrito na Tabela 4.

**Tabela 4.** Valor médio dos indicadores analisados no descarte (desvio) e no reservatório de acúmulo de água da chuva

<b>Indicadores</b>	<b>Descarte (desvio das primeiras águas)</b>	<b>Reservatório de acúmulo de água da chuva</b>
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	14,52	11,73
Cloretos (mg/L)	3,81	3,72
Cor aparente (uH)	33	18,45
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	23,95	21,91
Ferro total (mg/L)	3,42	0,32
Turbidez (uT)	4,38	1,70
Coliformes totais (NMP/100mL)	800	387,3
<i>E. Coli</i> (NMP/100mL)	3474,02	236,3

Fonte: adaptado de Pinheiro *et. al*, 2005

Na Flórida é comum utilizar valores de 0,4 mm de chuva por m<sup>2</sup> de área de captação para permitir a limpeza dessa área. Segundo Dacach (1981) *apud* Anecchini (2005), o reservatório de eliminação de primeira chuva deve ter capacidade para armazenar de 0,8 a 1,5 L/m<sup>2</sup> de água.

Anecchini (2005) realizou estudo para determinar o volume ideal de descarte das primeiras águas de cada evento chuvoso na área urbana da cidade de Vitória – ES, o experimento realizado com telhado metálico de 80m<sup>2</sup>, a água que escorria do teto passava por um filtro auto-limpante responsável pela remoção dos materiais grosseiros, como folhas e pequenos galhos, em seguida, a água chegava ao reservatório de eliminação das primeiras águas. Foram escolhidos três valores de descarte das chuvas, sendo eles 0,5; 1,0 e 1,5 mm. Observou que ao remover o primeiro milímetro de chuva, ou seja, ao remover à chuva mais poluída a qualidade da água melhora bastante. Para os padrões microbiológicos, foi verificado que a maior redução ocorreu após a eliminação de 1,5 mm de primeira chuva, conforme descrito na Tabela 5.

**Tabela 5.** Resultados médios da qualidade de água utilizando descarte das primeiras águas de chuva com precipitações de 0,5, 1,0 e 1,5 mm na região metropolitana de Vitória – ES.

Indicadores	Descarte da água de chuva		
	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm
pH	6,39	6,53	6,21
Condutividade elétrica (uS/cm)	17,6	16	13,9
Turbidez (uT)	0,4	0,5	0,2
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	5,9	5,2	2,1
Alcalinidade mg CaCO <sub>3</sub> /L)	4	4,9	2,7
Cloretos (mg/L)	2,4	1,5	1,3
SDT (mg/L)	49,4	15	14
Coliformes totais (NMP/100mL)	363	146	46,8

Fonte: adaptado de Anecchini, 2005.

Cardoso (2009) realizou experimento com modelos pilotos, na região metropolitana de Belo Horizonte – MG, e chegou à conclusão que o desvio de 1L de água por m<sup>2</sup> de telhado, ou seja, 1 mm de chuva é suficiente para melhorar a qualidade da água da chuva a ser armazenada. No experimento Cardoso comparou os dados de qualidade com a Portaria 518/04, observou que turbidez, cor aparente e coliformes totais foi necessário um descarte maior para atender a portaria vigente, coliformes totais só estava ausente depois do descarte dos 3 mm de chuva.

A NBR 15 527/2007 (ABNT, 2007) que trata de aproveitamento de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, indica que o dispositivo de descarte de água de chuva deve ter a capacidade de armazenar o volume de água correspondente a 2 mm da precipitação inicial.

### 3.6.2 Bomba manual

Uma importante barreira sanitária física é a retirada da água da cisterna por meio de tubulação. Com isso pode-se evitar que o morador tenha contato direto com a água armazenada. Essa prática pode impedir a entrada de eventuais contaminantes, tanto no manuseio do balde ou lata usado na coleta, como o aporte de sujeiras na cisterna no momento que o morador abre a tampa, evita também que o morador esqueça eventualmente a tampa da cisterna aberta entre uma coleta e outra.

A água da cisterna deve ser retirada, preferencialmente, através de tubulação, com o uso de torneira localizada próximo a base, se a cisterna for apoiada no solo, ou por meio de bomba, que pode ser manual, no caso de cisternas semi enterradas. A bomba pode ser tão simples como as bombas de êmbolo ou com bola de gude, mas, também, pode ser utilizado um sistema moto-bomba mais eficiente.

A bomba usada em cisternas rurais deve ter características de serem de fácil construção, baixo custo, usar materiais comuns, ter bom rendimento e ser durável. Para instalação, deve ser levado em consideração a que altura do fundo deve ser feita a tomada de água, as partículas dissolvida na coluna de água, ao longo do tempo, vão se acumulando no fundo da cisterna, o ponto de tomada de água pela bomba não pode ficar próxima ao fundo para não ressuspender na coluna de água a sujeira decantada na cisterna. Segundo Gnadlinger (2007), a tubulação da bomba deve ser colocada a uma posição de 0,20 m acima do fundo da cisterna.

Trabalhos realizados por Lisboa *et al.*, (2009) com cisterna de placas de ardósia armadas em Santa Catarina, usaram um sistema equipado com uma bóia em que o ponto de tomada de água fica a poucos centímetros abaixo da superfície da água, com isso evita suspender o sedimento (Figura 18).



**Figura 18.** Ponto de captação da água da cisterna na superfície

Fonte: Lisboa *et al.*, 2009



Em outros estudos realizados para aprimorar o manuseio da bomba, o Centro de Educação Popular e Formação Social (CEPFS), desenvolveu uma bomba d'água aro trampolim (Figura 19), uma inovação feita a partir da bomba d'água bola de gude usada nas cisternas do PIMC. O custo dessa bomba é, em torno de R\$ 340,00 (trezentos e quarenta reais), portanto, bem maior que a bomba bola de gude, que apresenta custo em torno de R\$ 65,00 (Sessenta e cinco reais). Entretanto, avalia-se que a durabilidade da primeira bomba compensa a diferença de custo. A bomba d'água aro trampolim facilita a retirada de água das cisternas, por parte das famílias, contribuindo, assim, para um bom manejo da água captada da chuva (CEPFS, 2009).



**Figura 19.** Bomba d'água aro trampolim.

Fonte: CEPFS, 2009

### 3.6.3 Manejo

A qualidade da água da cisterna também está diretamente associado ao manejo, seja o manejo da água pelo morador, seja o manejo físico do sistema de captação e armazenamento. Manter a cisterna íntegra: fechada, livre de animais, fazer a lavagem anual do reservatório, como também a manutenção do sistema de captação bem como o manejo correto da utilização da bomba manual e sistema de desvio das primeiras águas, no conjunto, reflete boas práticas de manejo físico do sistema.

O manejo da água pelo usuário revela-se um ponto crítico e importante na conservação da qualidade da água, uma vez que a água armazenada na cisterna é necessita de transporte e armazenamento no interior da residência, seja para consumo humano, cozinhar e/ou higiene pessoal. Proteger a água da contaminação durante o transporte e armazenamento é tão importante quanto proteger a própria fonte. O manejo de forma inadequada é uma das principais formas de

contaminação da água. Por muitas vezes, a água no interior da residência é mais contaminada do que a fonte (UNICEF, 2008).

As cisternas instaladas no início do PIMC não dispunham de bomba manual para retirada da água, e boa parte das que foram construídas e instaladas a bomba, não estão mais funcionando, seja por motivos técnicos ou por falta de adequação tecnológica que corresponde as necessidades da comunidade, fato que leva os usuários a colocar um balde/lata no interior das cisternas para retirada da água, recipientes esses que muitas vezes são inapropriados, ou ficam guardados, em alguns casos, próximos a animais e outras fontes de contaminação (Figura 20).



**Figura 20.** Meios de transporte de água armazenada nas cisternas: balde e metal

Segundo a UNICEF (2008) cita diferentes tipos de recipientes são utilizados para armazenamento e transporte de água. Entretanto, é recomendado armazenar água com segurança no interior da residência. O recipiente deve ter abertura superior que possa ser fechado com tampa, de fácil limpeza e deve ter torneira para minimizar a contaminação. No Semiárido brasileiro o pote de barro e o filtro doméstico (filtro de água) são os recipientes mais usados para armazenamento de água nas residências das comunidades rurais.

O pote de barro (cerâmica) é muito tradicional em comunidades rurais do semiárido brasileiro, os primeiros relatos desse utensílio são do ano 9000 a.C, onde foi encontrado pote de barro, não cozido, usado provavelmente para armazenar água (MACEDO, 2001). O pote é todo feito de barro, de forma artesanal, podendo apresentar vários tamanhos, geralmente tem a forma de “pêra”, com a parte inferior afunilada e a parte superior mais dilatada, onde se encontra a abertura, como demonstrado na Figura 21. Sua principal função é armazenamento de água, ficando geralmente na cozinha das residências em cima de um tripé de ferro ou de barro. Devido ao seu formato característico, o pote pode funcionar como um decantador rudimentar. O pote mantém a água sempre fria, devido à sua composição mineral.



**Figura 21.** Potes de barro usados para armazenamento de água no interior das residências.

O grande inconveniente do pote de barro é a fácil contaminação, já que à retirada ocorre por meio da imersão de vasilhas, geralmente, copo, no interior do pote e nessa prática pode ocorrer o contato da mão suja com a água. Outro inconveniente é a falta de tampa apropriada, isso facilita a contaminação da água, visto que na maioria das residências é usado como tampas: um prato, um pano, uma tampa de plástico, entre outros.

Xavier (2006) analisou a qualidade microbiológica da água de cisterna armazenada em potes de barro em 66 residências de comunidades rurais do sertão pernambucano e, pelo teste de presença e ausência, foi observado que 64 potes de barro apresentaram coliformes totais e 28 por *E.coli*.

O filtro doméstico é classificado com um conjunto de dois recipientes, feitos de cerâmica, equipado com uma ou mais “vela de Lambreth” ou simplesmente velas filtrantes e dotado de uma torneira no recipiente inferior. A vela é uma peça oca e cilíndrica, constituída de material poroso com dimensões de poro que variam, dependendo do processo de fabricação, de 1 a 20  $\mu\text{m}$  e cuja função é reter partículas e microorganismos que eventualmente possam estar presentes na água. O filtro de água feito de cerâmica é designado como todo o conjunto (recipientes cerâmicos + velas + torneira + tampa), assim chama-se de vela o elemento filtrante, e de filtro de água, os recipientes de cerâmica equipados com as velas. O filtro funciona pela ação da gravidade, em que a água colocada no recipiente superior passa através da vela e é gotejada no recipiente inferior, pela característica de sua constituição, mantém a água sempre “fresca” (ALVES & ASSIS, 1999; BELLINGIERI, 2004)

O filtro doméstico é de fácil manutenção, sendo necessário cuidados para limpeza das velas e dos recipientes que constituem o filtro. É importante manter sempre com a tampa superior fechada e realizar a filtração sem alterar a vazão das velas até que o recipiente inferior

fique cheio. Em algumas comunidades, por motivos de estéticas, os moradores retiram a parte superior que contém as velas e colocam no lugar garrafões de plásticos com a água oriunda da cisterna, assim o filtro perde toda sua função e passa a ser apenas um recipiente para armazenar água no interior das residências.



**Figura 22.** Recipientes para armazenamento de água no interior da residência; a) filtro doméstico (filtro de cerâmica), b) suporte para garrafa de plástico contendo água de cisterna.

### **3.7 Legislação sobre água de chuva**

#### **3.7.1 Legislação de incentivo à coleta da água de chuva**

Não existe no Brasil, uma legislação sobre a captação e armazenamento de água de chuva para fins potáveis. Entretanto, a NBR-15527/2007, tem característica normativa e trata do aproveitamento da água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. A elaboração desta norma teve início em janeiro de 2007, disponível para discussão e consulta nacional no site da ABNT até março, sendo publicada em 24 de setembro de 2007. Esta norma tem por objetivo:

*“Fornecer os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Aplica-se a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d’água e usos industriais”*

Em algumas cidades e estados brasileiros já dispõem de legislações próprias sobre a captação de água de chuva em áreas urbanas, principalmente com o objetivo de utilizar as estruturas de captação já existentes (prédios, ginásios de esportes, grandes coberturas, entre outras), para a captação e armazenamento da água da chuva para fins não potáveis, com isso, reduzindo o volume de água escoado e conseqüentemente reduzindo as grandes inundações.

A cidade de São Paulo foi pioneira quando, em Janeiro de 2002, aprovou a Lei nº 13.276 que tornou obrigatória a construção de reservatórios para armazenamento de águas pluviais coletadas em áreas impermeabilizadas superiores a 500 m<sup>2</sup>, com o objetivo apenas de evitar inundações. No Art. 2º, parágrafo 2º, promulga:

*§ 2º - A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.*

*“A chuva coletada deve ser encaminhada a um reservatório de retenção para posterior infiltração no solo ou para ser despejada na rede de drenagem após uma hora de chuva ou ainda para ser conduzida a outro reservatório, para ser utilizada para fins não potáveis.”*

Em Curitiba, a Lei Nº 10.785/03 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, que tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água das novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. Os artigos 6º e 7º referem-se aos sistemas de captação e os fins destinados as águas pluviais.

*Art. 6º. As ações de Utilização de Fontes Alternativas compreendem:*

*I - a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas;*

*II - a captação e armazenamento e utilização de águas servidas.*

*Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:*

*a) rega de jardins e hortas;*

*b) lavagem de roupa;*

*c) lavagem de veículos;*

*d) lavagem de vidros, calçadas e pisos”*

No Estado do Rio de Janeiro, foi criada a Lei N<sup>o</sup> 4248, de 16 de dezembro de 2003, que institui o programa de captação de águas pluviais no âmbito do Estado. O Programa tem como finalidade oferecer, aos habitantes das cidades, educação e treinamento visando à captação de águas pluviais, permitindo que esses habitantes se conscientizem da importância do ciclo das águas.

Na cidade do Rio de Janeiro, o Decreto Municipal N<sup>o</sup> 23.940/04 tornou obrigatório, em edificações especificadas, a construção de reservatório para retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem, bem como dispõe sobre o reaproveitamento da água para finalidades não potáveis. A mesma Lei determina que no caso de novas edificações residenciais multifamiliares, industriais, comerciais ou mistas que apresentem área do pavimento de telhado superior a 500m<sup>2</sup> e, no caso de residenciais multifamiliares, cinquenta ou mais unidades, será obrigatória a existência do reservatório, objetivando o reuso da água pluvial para finalidades não potáveis.

No Estado de São Paulo, foi criada a Lei 12.526/2007 que estabelece a obrigatoriedade de implantação de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva e o seu condicionamento à obtenção das aprovações e licenças, de competência do Estado e das Regiões Metropolitanas sobre o uso do solo urbano e projetos de infra-estrutura.

No artigo 3<sup>o</sup>, são estabelecidos três destinos para a água reservada:

- ✓ *Infiltração no solo;*
- ✓ *Lançamento na rede pública, depois de uma hora de chuva e;*
- ✓ *Utilização para finalidades não potáveis em edificações.*

Posto essas experiências, fica evidente que as legislações sobre a captação e armazenamento de água de chuva são pontuais e apresentam um contexto superficial para aproveitamento da água de pluvial, requerendo-se, portanto, legislações mais específicas, que levem em consideração o aproveitamento de água de chuva para fins potáveis.

Para as áreas rurais é importante uma legislação específica para regulamentar o uso da água de chuva para o consumo humano, mais adequado a esta realidade local. Atualmente a portaria que rege a qualidade de água para consumo humano no Brasil é a de N<sup>o</sup> 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e se refere à água encanada e fontes alternativas como carros pipa e não há menção à água da chuva.

### 3.7.2 Padrões de qualidade para água de chuva armazenada em cisternas

O Ministério da Saúde, para fins de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade, aprovou a Portaria N° 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). A Portaria define a água potável como aquela destinada para consumo humano, cujos indicadores microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos a saúde.

Para os padrões de qualidade, a Portaria determina Valor Máximo Permitido (VMP) para concentração de cada parâmetro. Para os padrões microbiológicos, 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*, devendo ser pesquisada a origem da ocorrência da provável contaminação e providenciar as medidas corretivas e preventivas.

Em complementação, a Portaria no seu capítulo IV, Art 11, §8º, recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp*. Conforme observado, esta Portaria não trata da pesquisas de parasitos na água, apenas recomenda a inclusão da pesquisa de organismos patogênicos.

## **4.0 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Contexto institucional**

As atividades realizadas estiveram inseridas no contexto do projeto intitulado “Melhoramentos Tecnológicos e Educação Ambiental para a Sustentabilidade dos Projetos de Armazenamento de Águas de Chuva em Cisternas no Nordeste Semiárido”, desenvolvido em comunidades rurais de municípios dos Estados da Paraíba e Pernambuco. O Projeto foi financiado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por meio do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro), e gerenciado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), também vinculada ao MCT. Os resultados apresentados e discutidos correspondem a pesquisas realizadas no Estado da Paraíba em comunidades rurais dos municípios de São João do Cariri e Campina Grande.

O estudo dá continuidade às pesquisas desenvolvidas no Projeto e que tiveram como produtos duas dissertações de mestrado: Tavares (2009) analisou as condições de manejo e manutenção de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva e a qualidade física, química e microbiológica da água em 8 cisternas rurais nos municípios de São João do Cariri e Campina Grande, Paraíba, e Abílio (2009), que desenvolveu pesquisa na área de educação ambiental em duas comunidades rurais de São João do Cariri onde foram instalados os Modelos Pilotos de captação e armazenamento de água de chuva com inovações tecnológicas simples e de baixo custo concebidas como barreiras sanitárias para melhoria da qualidade de água armazenada nas cisternas.

### **4.2 Locais de estudo**

O estudo foi realizado nas comunidades rurais de Curral do Meio, Sítio Pombos e Malhada da Roça, localizadas no município de São João do Cariri, e na comunidade rural do assentamento do INTERPA em Paus Brancos, no município de Campina Grande, todos no Estado da Paraíba.

#### **4.2.1 São João do Cariri**

O atual território de São João do Cariri foi ocupado até os meados do século XVII, pela grande família dos índios Cariris, a qual deu origem ao nome de toda região fisiográfica. Ainda no mesmo século, o alferes Custódio Alves Martis, morador da Capitania de Pernambuco,



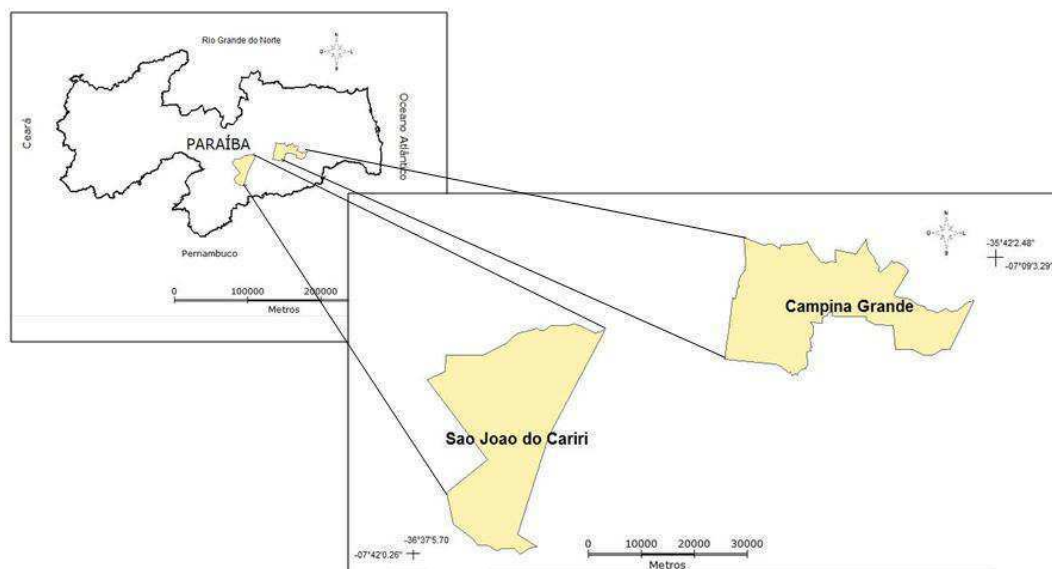
descobriu algumas terras na cabeceira do Rio Paraíba, e ali fundou um sítio a que deu o nome de São João (IBGE-CIDADES, 2009).

A sede do município está localizada a cerca de 80 km da cidade de Campina Grande, Paraíba, possui população de 4 565 habitantes e unidade territorial de 701,86 km<sup>2</sup> (Figura 23). A região apresenta clima seco, semiárido, solos rasos, subsolo derivado do embasamento cristalino, vegetação de caatinga, relevo ondulado e altitude variando entre 450 a 550 m. O município está localizado na bacia hidrográfica do rio Taperoá, inserida na região do Cariri Paraibano, mais precisamente na Mesorregião da Borborema.

#### **4.2.2 Campina Grande**

A comunidade rural estudada no município de Campina Grande foi o assentamento Paus Brancos, localizada a 40 km da sede do município. Caracteriza-se como um assentamento com 70 famílias que estão sob a tutela do Instituto de Terras e Planejamento Agrícola da Paraíba – INTERPA, desde 1988. Localiza-se na microbacia do Riacho Angico, afluente do Rio São Pedro, que deságua no Rio Bodocongó, afluente do Rio Paraíba. Essa microbacia se encontra na divisa dos municípios de Campina Grande e Caturité, PB, em área estritamente rural (Figura 23).

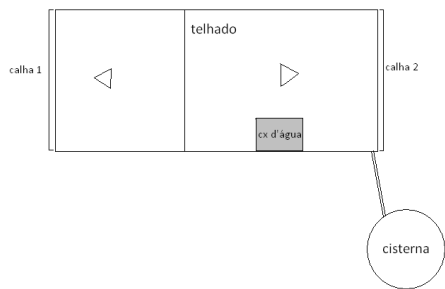
A região de Paus Brancos apresenta semiárido quente, com chuvas variando em médias pluviométricas anuais de 239 a 479 mm e evaporação média anual de 1500 a 2000 mm/ano. A umidade relativa média anual é em torno de 50% e temperatura variando entre 25 e 28°C.



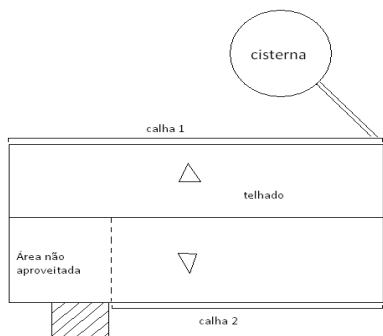
**Figura 23.** Localização dos municípios de São João do Cariri e Campina Grande, ambos no Estado da Paraíba.

### 4.3 Cisternas estudadas

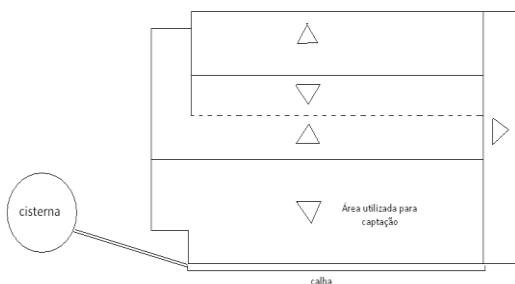
Neste trabalho foram monitoradas oito cisternas (quatro em São João do Cariri e quatro em Campina Grande) que foram selecionadas a partir de uma análise estatística de agrupamento, realizada com a base de dados gerados em questionários aplicados em 175 famílias no ano de 2007. Essa análise considerou os seguintes aspectos: sistema de calhas; localização da cisterna em relação à fossa; tempo de uso da cisterna; estado de conservação do telhado e da cisterna; forma de retirada da água e higiene da família. As cisternas selecionadas foram identificadas por códigos que configuraram o seguinte espaço amostral: São João do Cariri: SJC1, SJC2, SJC3 e SJC4; Paus Brancos: PB1, PB2, PB3 e PB4. A Figura 24 (A e B) representa croquis e imagens das oito cisternas selecionadas.



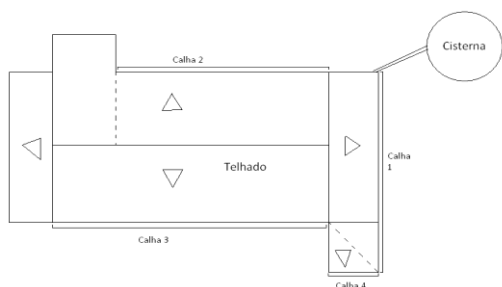
**SJC 1**



**SJC 2**

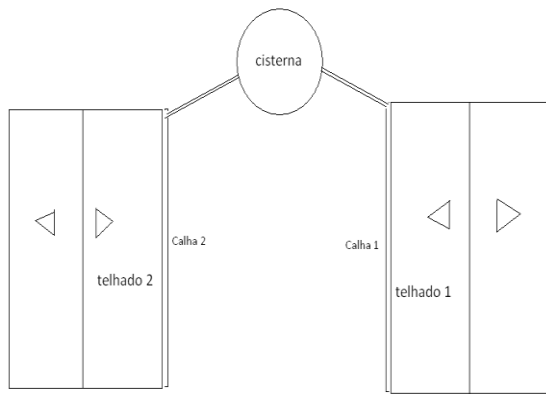


**SJC 3**

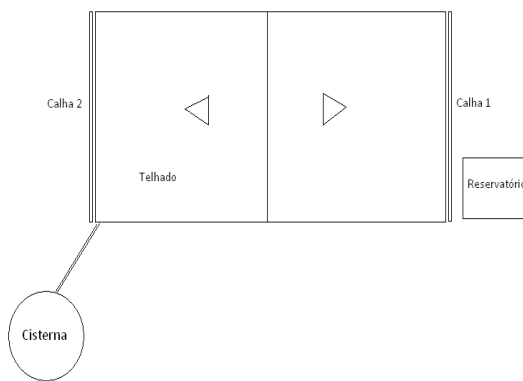


**SJC 4**

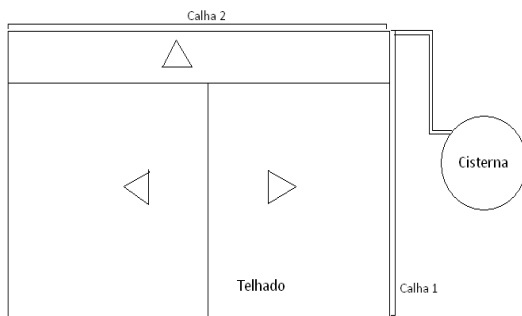
**Figura 24a.** Croquis e imagens das oito cisternas rurais estudadas em São João do Cariri



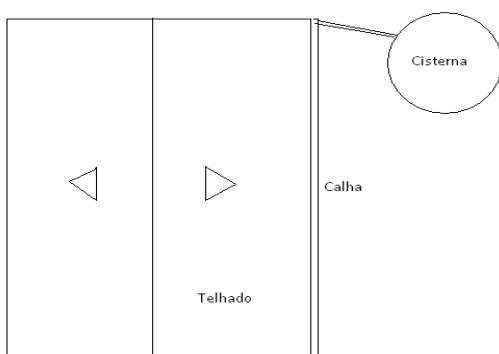
**PB 1**



**PB 2**



**PB 3**



**PB 4**

**Figura 24b.** Croquis e imagens das oitos cisternas rurais estudadas em Paus Brancos.

Nos sistemas estudados foram coletados dados para fins de dimensionamento da área de captação (telhado), volume do desvio das primeiras águas, capacidade teórica e volume útil da cisterna (Quadro 1). Em duas cisternas, SJC4 e PB4, foram instalados no mês de dezembro de 2008, sistemas de desvio automático das primeiras águas (princípio de fecho hídrico e vasos comunicantes, respectivamente).

**Quadro 1.** Dados de dimensionamento das oito cisternas.

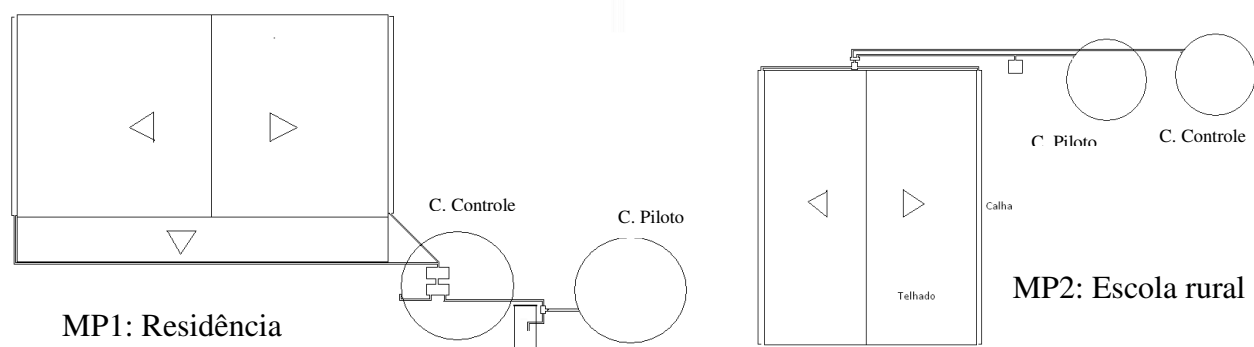
	SJC 1	SJC2	SJC3	SJC4	PB1	PB2	PB3	PB4
Área de captação (m <sup>2</sup> )	<b>86,43</b>	<b>68,28</b>	<b>134,3</b>	<b>102,3</b>	<b>47,23</b>	75,64*	<b>24,5</b>	<b>23,08</b>
Capacidade teórica (m <sup>3</sup> )	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Diâmetro (m)	3,12	3,15	3,16	3,2	3,20	3,07	3,10	3,20
Altura (m)	2,37	2,5	2,38	2,41	2,41	2,45	2,45	2,40
Espessura (m)	0,075	0,1	0,1	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10
Altura do ladrão (m)*	0,25	0,2	0,2	0,2	Não tem	0,07	0,20	0,26
Capacidade (m <sup>3</sup> )	16,42	17,09	16,38	17,04	17,04	15,85	16,18	16,96
Volume útil (m <sup>3</sup> )	<b>14,69</b>	<b>15,72</b>	<b>15,00</b>	<b>15,62</b>	<b>17,04</b>	<b>15,40</b>	<b>14,86</b>	<b>15,13</b>
Volume do desvio (L)	-	-	-	<b>102</b>	-	-	-	<b>23</b>

\*Em relação ao teto

#### 4.4 Modelos pilotos

Para testar em escala real as inovações tecnológicas concebidas como barreiras sanitárias visando a melhoria da água armazenada em cisternas, foram escolhidas duas localidades em São João do Cariri. O primeiro local de escolha foi uma residência com área de captação de 80 m<sup>2</sup>, denominado para pesquisa de MP 1 (Modelo Piloto 1), o outro, foi uma escola rural localizada no distrito de Malhada da Roça com área de captação de 188 m<sup>2</sup>, denominado de MP 2 (Modelo Piloto 2).

Em cada modelo piloto possui duas cisternas de placas tradicionais, uma controle e outra piloto (Figura 25). A água que escorre do telhado é transportada pelas calhas e, logo após, passa por um dispositivo, denominado misturador, que tem como função misturar as águas em qualidade e quantidade iguais para cada uma das cisternas.



**Figura 25.** Croquis dos modelos pilotos

Em cada modelo piloto uma das cisternas foi denominada de **controle**. Esta não apresenta inovação tecnológica (barreiras sanitárias), ou seja, a água que escoa do telhado depois de passar pelo misturador escoa diretamente para o interior da cisterna. Este sistema não dispõe de desvios das primeiras águas nem de bomba manual. A outra cisterna é denominada **Piloto**, pois recebe a água de chuva após passar pelo dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva e consta de bomba manual para retirada da água. Na localidade onde MP1 foi construída, já existia uma cisterna com 7,0 anos de construção, qual foi reformada e revestida internamente, sendo considerada a cisterna controle, foi construída uma segunda, denominada cisterna piloto. Em MP2 as duas cisternas foram construídas. As dimensões das cisternas controles e pilotos são apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2.** Dados de dimensionamento das cisternas dos modelos pilotos

	MP 1		MP 2	
	Cisterna Controle	Cisterna Piloto	Cisterna Controle	Cisterna Piloto
Área de captação (m <sup>2</sup> )	80		188	
Capacidade teórica (m <sup>3</sup> )	16	16	16	16
Diâmetro (m)	3,25	3,39	3,36	3,37
Altura (m)	2,35	2,25	2,25	2,26
Espessura (m)	0,1	0,1	0,1	0,11
Altura do ladrão (m)*	0,2	0,2	0,11	0,14
Capacidade (m <sup>3</sup> )	17,17	17,98	17,65	17,61
Volume útil (m <sup>3</sup> )	15,71	16,38	16,78	16,52
Volume do desvio (L)	-	40	-	94

\*Em relação ao teto

Os sistemas que compõem a área de captação, subsistema de condução e armazenamento de água de chuva dos modelos pilotos estão descritos abaixo e estão representados na Figura 26 (A-D).

1. Área de captação: é usado o próprio telhado de cerâmica da residência e da escola, sendo o telhado em forma de duas águas;
2. Calhas: as calhas de beiral que coletam a água de chuva de cada lado do telhado são confeccionadas em chapa de zinco;
3. Sistema misturador de águas: a água das duas áreas do telhado escorre por dois tubos de PVC em declive no final de cada calha, por uma conexão Tê, as águas dos dois lados do telhado se misturam em um recipiente maior confeccionado em PVC;
4. Sistema divisor das águas: do recipiente misturador sai um tubo de descida, conectado a outro tubo horizontal com dois orifícios de mesmo diâmetro e mesma posição, de onde a água é distribuída para as cisternas;
5. Dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva: apenas as cisternas pilotos têm o sistema de desvio. No MP1 segue o princípio dos vasos comunicantes e no MP2 o princípio do fecho hídrico;
6. Cisternas: tipo de placas pré-moldadas, dimensionadas para armazenar 16 m<sup>3</sup> de água;
7. Bomba manual: apenas nas cisternas pilotos foram instalados sistemas de retirada da água com a bomba manual.



(a)



(b)

**a) Área de captação – (a) MP 2; (b) MP1.**



(a)



(b)

**b) Sistema misturador e divisor de águas - (a) MP 2; (b) MP1.**



(a)

(b)

**c) Dispositivo de desvio - (a) MP 2; (b) MP1.**



(a)

(b)

**d) Cisternas pilotos e controles - (a) MP 2; (b) MP1..**

**Figura 26.** Componentes dos modelos pilotos

Para instalação dos modelos pilotos foram realizados, em laboratório, teste da eficiência do misturador e divisor das águas e em campo, a lavagem dos dois modelos pilotos, com o objetivo de preparar as cisternas para acumular as primeiras águas da chuva e avaliações subsequentes. O teste de vazamento do sistema foi útil para detectar que a tampa superior do desvio do fecho hídrico precisava de mais reforço para suportar a pressão da água (Figura 27). O teste com chuva simulada teve como objetivo avaliar a eficiência do sistema de desvio das primeiras águas.





**Figura 27.** Experimento de vazamento e reparo nos desvios com princípio de fecho hídrico

#### 4.4.1 Lavagem e desinfecção dos modelos pilotos

Após a construção dos modelos pilotos foi realizada a lavagem e desinfecção dos sistemas (calhas, tubulações, desvios e cisternas pilotos e controles), com o intuito de eliminar resíduos de construção e deixar o sistema desinfetado com cloro, pronto para o acúmulo das primeiras chuvas. A água utilizada para lavagem foi fornecida pela CAGEPA e transportada em carro pipa até as comunidades. Com a preocupação de não incentivar o uso de água de carro pipa de origem duvidosa pelos moradores das comunidades, o caminhão pipa foi identificado com o nome **ÁGUA POTÁVEL**, como exigido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. (Figura 28).



**Figura 28.** Carro pipa que transportou a água para lavagem das cisternas dos modelos pilotos

A limpeza dos modelos pilotos obedeceu aos procedimentos apresentados a seguir:

- Remoção de eventuais detritos acumulados nas calhas e no misturador;
- Retirada da água da cisterna, removendo o lodo e detritos de maior porte;

**Coleta:** água transportada pelo carro pipa

- Limpeza das calhas e tubulações com água potável;
- Encher a cisterna com água potável até altura de 15 cm em relação à base;
- Escovar as paredes internas e piso, enxaguando-as em seguida;
- Retirar a água e o material que restaram da limpeza, usando pá, balde e panos, deixando a cisterna totalmente limpa;
- Esvaziar totalmente o desvio das primeiras águas de chuva;
- Realizar todo o procedimento de lavagem com água potável;

**Desinfecção:**

- Preparar a solução para desinfecção: água sanitária de uso doméstico (concentração mínima de 2% de cloro livre). Usou-se 1L de água sanitária para cada 1000L de água;
- Colocar a solução de desinfecção nas calhas, até encher todo o desvio, e a solução transbordar para o interior da cisterna;
- Esgotar totalmente o desvio, após uma hora de contato;
- Passar água potável nas calhas e na canalização da cisterna para retirar excesso do desinfetante;
- Colocar na cisterna água potável (1000L) e um litro de água sanitária;
- Friccionar uma escova flexível com a solução nas paredes e no piso do reservatório;
- Manter úmida toda a superfície interna do reservatório durante no mínimo (uma) hora, período durante o qual todas as entradas de utilização da cisterna devem permanecer fechadas;
- Retirar a água do interior da cisterna, usando pá, balde e panos, deixando a cisterna totalmente limpa. Água do efluente deve apresentar aparência cristalina, quando observada a olho nu, e não apresentar resíduos sólidos;
- Deixar a cisterna totalmente vazia

A água do carro pipa usada no modelo piloto MP1 apresentou características de água potável, conformes estabelecida pela Portaria 518/04-MS enquanto a água do carro pipa usada para lavar MP2, apresentou coliformes totais (40 NMP/100mL), o que pode estar associando ao valor residual de cloro livre encontrado que foi de 0,1mg/L, inferior ao permitido (Tabela 6). Descuidos na cloração da água da rede de distribuição de Campina Grande foram observados por

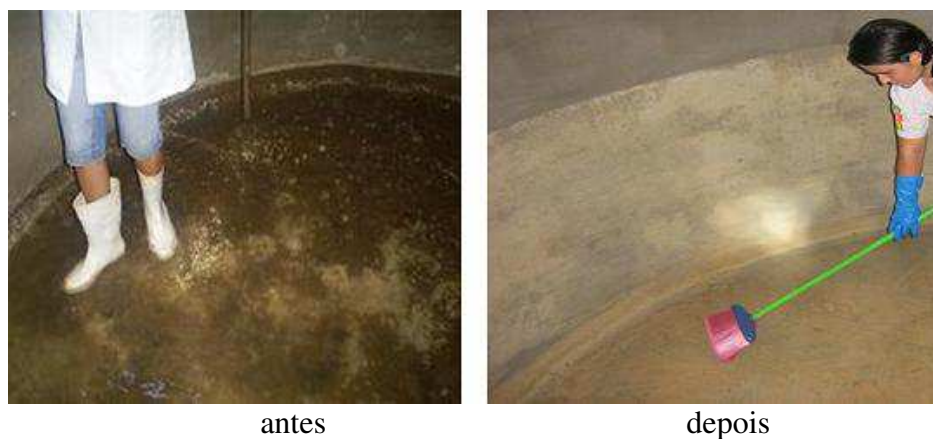
Meira *et al.*, (2009), que analisaram o cloro residual livre em 234 amostras de água e encontraram 63 (sessenta e três) violações do padrão de potabilidade, sendo 3 acima do valor máximo de cloro residual permitido (VMP 2,0 mg/L) e 60 inferiores do mínimo permitido (0,2 mg/L).

Dentre os outros indicadores analisados, a Tabela 6 mostra que alumínio foi superior ao VMP nas águas dos dois carros pipa, além de cor no primeiro e ferro no segundo. Freitas, Brilhante & Almeida (2001), analisaram água de 60 pontos da rede de distribuição na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e observaram que todas as amostras tinham concentrações de alumínio acima do VMP para água potável. Os autores apontam como prováveis causas para a presença de alumínio em taxas elevadas as falhas no sistema de tratamento da água quando se usa coagulantes a base de alumínio ou mistura com águas que não passaram por tratamento completo.

**Tabela 6.** Qualidade das águas transportadas por carros pipa utilizadas nas lavagens dos modelos pilotos

Indicadores	Carro pipa – MP1	Carro pipa – MP2	VMP/Portaria 518
pH	7,1	6,98	6,0 -9,5
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	72,5	58,5	-
Condutividade elétrica (uS/cm)	668	667	-
Salinidade (mg/L)	335,7	334,4	-
SDT (mg/L)	326	265	1 000
Turbidez (uT)	1,54	1,46	5,0
Cor aparente (uH)	20,9	8,9	15,0
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	147	153	500
Cloretos (mg/L)	92,44	92,44	250
Sódio (mg/L)	58,57	56,16	200
Potássio (mg/L)	5,27	5,11	-
Alumínio (mg/L)	0,4	0,42	0,2
Ferro total (mg/L)	0,21	0,31	0,3
Cloro residual livre (mg/L)	1	0,1	0,2 -2,0
Coliformes totais (NMP/100mL)	0	40	Ausência
<i>E.coli</i> (NMP/100mL)	0	0	Ausência
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	5	240	500

Para a realização da lavagem, duas pessoas entraram em cada cisterna, varreram e lavaram pisos e paredes de acordo com o protocolo citado anteriormente. Na Figura 29 observa-se o acúmulo de sujeira no piso de uma das cisternas antes e depois da lavagem. Ressalta-se que, com o tempo de uso, acumulam-se resíduos no fundo das cisternas que devem ser retirados antes da chegada das próximas chuvas, para que a água acumulada mantenha-se limpa. Essa limpeza, com frequência anual, é uma das barreiras sanitárias recomendadas no presente projeto.



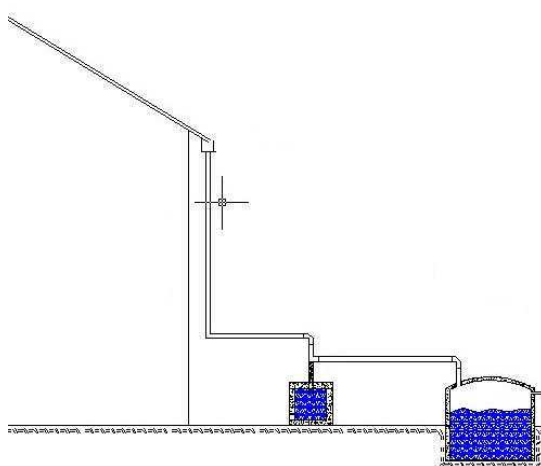
**Figura 29.** Aspecto do piso da cisterna antes e depois da lavagem

#### **4.5 Barreiras sanitárias**

Desvios automáticos das primeiras águas de chuvas e uso de bomba manual para retirada de água das cisternas constituem duas importantes barreiras sanitárias físicas na proteção da qualidade da água armazenada na cisterna. Enquanto o telhado capta as primeiras águas de chuva, que são responsáveis por retirar a maior parte das impurezas contidas nele, o dispositivo de desvio é preenchido e, só após seu completo preenchimento, as águas captadas, desta vez com a superfície do telhado mais limpa, são conduzidas diretamente para a cisterna. O fecho hídrico dispensa bóias ou outros artifícios. Depois da chuva, e antes que se acumule sujeira na superfície de captação, o tanque de desvio deve ser esvaziado, através de uma tubulação de descarga, e novamente, o dispositivo estará pronto para o desvio automático das primeiras águas da próxima chuva. A bomba manual evita o contato direto de baldes ou latas com a água armazenada.

#### 4.5.1 Dispositivo de desvio das primeiras águas: princípio do fecho hídrico

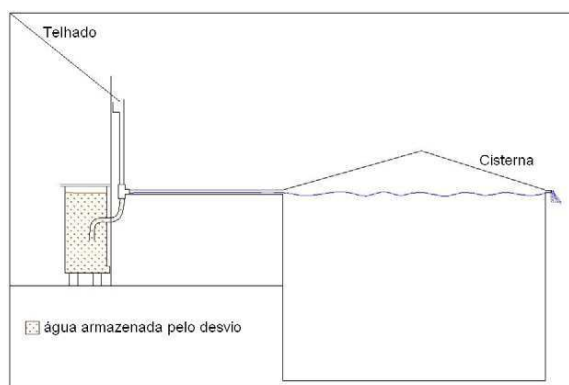
Este tipo de dispositivo é baseado no princípio do fecho hídrico – DFH. No tubo que conecta a calha à cisterna foi instalada uma conexão “T” que direciona, através de um tubo vertical, a água para o dispositivo vedado. Este tubo deverá passar 20 cm da entrada do dispositivo de desvio. Quando o desvio atingir seu volume máximo, a água seguirá pela tubulação até chegar à cisterna (Figura 30). O DFH foi instalado na cisterna SJC4 e na cisterna piloto MP2, ambos com capacidade de desviar 1 milímetro de água por metro quadrado da área de captação, nestes casos, o telhado.



**Figura 30.** Esquema de desvio das primeiras chuvas: princípio do fecho hídrico

#### 4.5.2 Dispositivo de desvio das primeiras águas: princípio dos vasos comunicantes

O dispositivo de vasos comunicantes – DVC, foi instalado entre a calha e a cisterna. As primeiras águas da chuva escorrem através de um tubo com “T”, primeiro para o dispositivo de descarte, até um nível que, quando atingido, permite que a água escoe naturalmente por outra tubulação até a cisterna, sem a mistura da água descartada com a água de melhor qualidade que escoar para a cisterna (Figura 31). Quando comparado com o DFH, o DVC tem a vantagem de não ser hermeticamente fechado. Possui tampa removível que permite ao usuário fazer a limpeza no interior do desvio. O DVC foi instalado na residência PB4 e na cisterna piloto MP1.



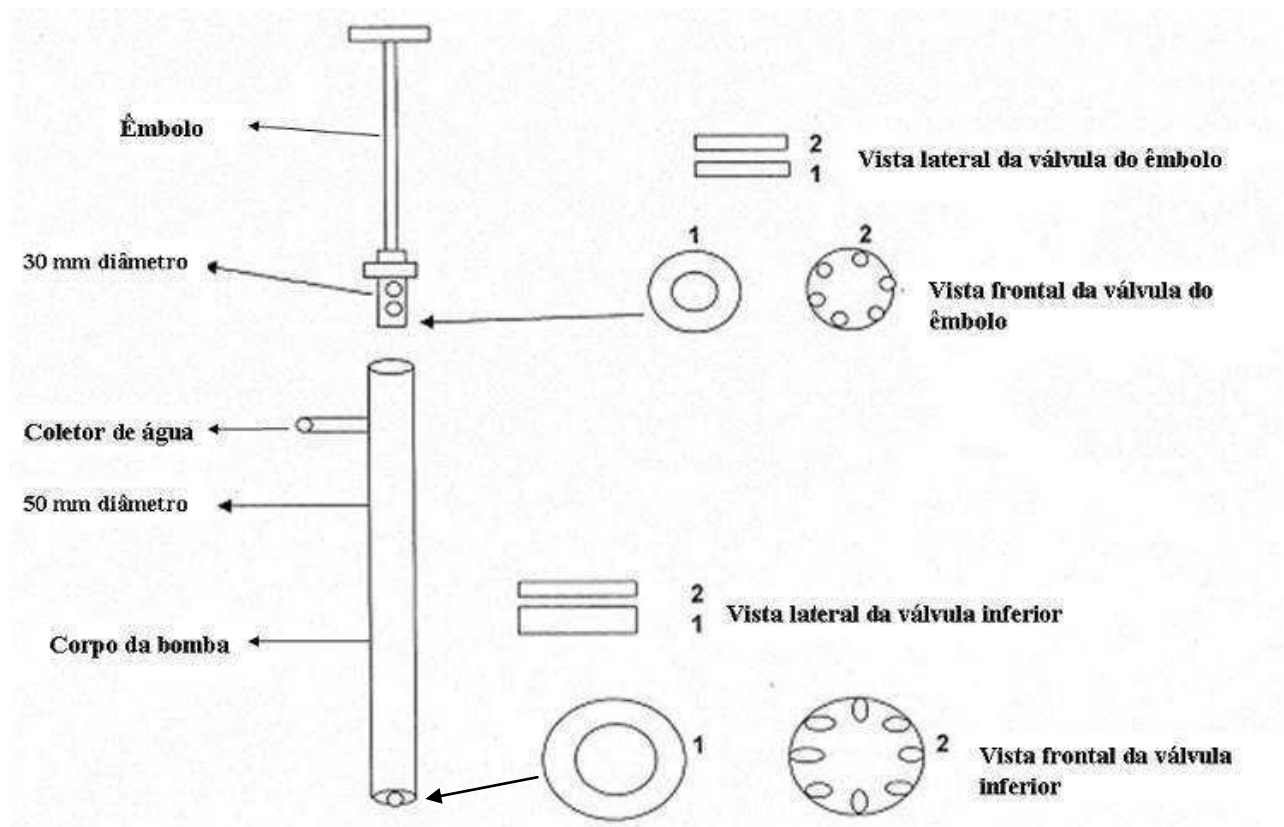
**Figura 31.** Esquema de desvio das primeiras chuvas: princípio dos vasos comunicantes

### 4.5.3 Bomba manual

Para retirada da água da cisterna, foi proposto pelo Projeto um novo modelo de bomba manual (Figura 32), com algumas alterações em relação ao modelo denominado “bola de gude”, o que tornou a bomba mais confiável e prática, com aumento da vazão de retirada da água da cisterna. Essa bomba não utiliza como válvula bolas de gude, pois entende-se que com o uso contínuo, facilmente pode ocorrer o desgaste da estrutura da bomba pelo o atrito. O material utilizado nesse novo modelo é de PVC.

A bomba manual apresenta duas válvulas de PVC. Uma fica na parte inferior da bomba, chamada de válvula inferior, e outra, na parte inferior do êmbolo, chamada válvula do êmbolo. As duas trabalham de forma antagônica. Quando o punho (êmbolo) da bomba é puxado para cima, a válvula localizada na parte inferior é acionada, liberando a entrada de água proveniente da cisterna no corpo da bomba. Quando o êmbolo é empurrado para baixo, fecha-se automaticamente a válvula inferior e abre-se a válvula do êmbolo, a água passa pela válvula e fica localizada no corpo da bomba, acima da válvula do êmbolo. Novamente quando o êmbolo é puxado, as válvulas invertem de posição, a água que estava acima da válvula do embolo é jogada para fora da cisterna pelo tubo de coleta e a parte inferior do êmbolo é preenchida pela água da cisterna. Repetindo-se o movimento várias vezes têm-se a saída da água em quantidade suficiente para uso das necessidades básicas sem o contato direto com a água da cisterna.

Esse modelo de bomba foi instalado nas duas cisternas como uma das inovações tecnológicas dos modelos pilotos, ou seja, nas cisternas pilotos MP1 e MP2. A tomada de água da bomba ficou a uma distância de 20 cm do piso da cisterna, para evitar ressuspender o sedimento do fundo no momento da sucção da água.



**Figura 32.** Bomba manual utilizada nos modelos pilotos

#### 4.6 Avaliação do sistema de desvio das primeiras águas de chuva

Com o intuito de observar a eficiência do desvio automático das primeiras águas de chuva, foi realizado no dia 02/10/2009 experimento com chuva artificial em escala real na escola onde foi instalado o modelo piloto MP2. O desvio construído tem volume calculado para desviar um litro de água por  $m^2$  de telhado. A área de captação total da escola é de  $188 m^2$ . Como a água que escoava do telhado é dividida em partes iguais para as duas cisternas (controle e piloto) a capacidade do desvio que é instalado apenas na cisterna piloto é de 94L. Para não alterar a relação de desvio de  $1L/m^2$ , foi realizado o experimento com metade da área de captação,  $94 m^2$ . Para isso foi fechado o sistema divisor de águas a tomada de água da cisterna controle que não tem sistema de desvio.

Para realizar a chuva artificial, foi utilizada uma bomba elétrica de sucção acoplada a uma mangueira de  $\frac{1}{2}$  polegada. A mangueira foi colocada na parte superior do telhado, com furos de 2 mm (milímetros) espaçados em 10 cm. O comprimento total do telhado é de 25 m. Antes do início do experimento, o tubo interligado a cisterna piloto foi desconectado e foi definido como o ponto de coleta (Figura 33). Com o início do experimento, a água começou a

escoar do telhado, escorrer pelas calhar e o primeiro milímetro foi retido no desvio. A partir desse momento a água começou a escorrer na saída do tudo conectado à cisterna piloto. Nesse ponto, foi coletada a primeira amostra, e de 15 em 15 segundos foram coletadas, até um total de 50 amostras. O tempo total do experimento foi de 988 segundos, com chuva correspondente a 11,5 milímetros. Desconsiderando as eventuais perdas de água do sistema, foi utilizado um volume de 1.086 litros de água.

Com o fim do experimento, foi esvaziado o desvio pela descarga de fundo e realizadas 4 coletas de água. A primeira ocorreu no tempo zero, no momento de abertura da torneira, e mais três coletas em intervalo de tempo de 40 segundos.

Para as análises microbiológicas, devido à quantidade de material necessário para a execução, utilizou-se o Tempo 1 (15 seg), Tempo 3 (45seg) e, assim, sucessivamente, a cada 30 seg, até o tempo 29 (435 seg), para observar o decaimento nos últimos segundos da chuva, foi coletado o Tempo 39 (585seg ) e 49 (770 seg) após o início do escoamento depois do desvio.



**Figura 33.** Etapas do experimento da simulação de chuva para avaliação dos desvios



## **4.7 Monitoramento da qualidade de água**

O monitoramento dos indicadores de qualidade de água foi dividido em três grupos:

- Série curta: monitoramento mensal em todas as amostras (modelos pilotos, cisterna monitoradas com e sem desvio), dos indicadores pH, turbidez, cor aparente, condutividade elétrica, salinidade, sólidos dissolvidos totais, cloretos, oxigênio dissolvido, alcalinidade, dureza total, cálcio, sódio, potássio, coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas.

- Série longa: monitoramento trimestral em todas as amostras dos indicadores da série curta acrescidos de DBO<sub>5,20</sub>, DQO, e os metais: alumínio, chumbo, ferro total, zinco, magnésio e manganês total.

- Pesquisa de parasitos (ovos de helmintos e cistos de protozoários): realizada no período de julho de 2008 a maio de 2009, sendo em julho e agosto de 2008 realizadas as análises de todas as cisternas e, a partir de setembro, realizadas as análises de forma alternada, em um mês nas cisternas de São João do Cariri e no outro mês nas cisternas da comunidade Paus Brancos, totalizando 6 amostras para cada cisterna.

### **4.7.1 Procedimento de coleta das amostras**

O protocolo de análises laboratoriais inicia com os cuidados para coletar uma amostra. Os frascos deverão ser previamente limpos, secados e etiquetados. Na etiqueta devem ser colocados o número de amostra, local de coleta, data, pH da amostra, técnico responsável pela coleta, nome da comunidade e nome do dono da residência na pesquisa, bem como todas as observações necessárias sobre o local de coleta.

### **4.7.2 Cisternas**

As 8 cisternas foram monitoradas mensalmente de dez/07 a jul/09. Nas cisternas SJC4 e PB4 foram instalados os sistemas automáticos de desvio das primeiras águas de chuva. Estes foram monitorados de jan/09 a set/09. Em cada visita de campo foi preenchido um formulário de acompanhamento para cada residência a fim de registrar mudanças no comportamento da família (Nº de pessoas, ocorrência de doenças, etc) bem como alterações no sistema de captação e armazenamento: estado de conservação dos telhados, dos dutos e das cisternas, e dados referentes à quantidade de água armazenada na cisterna e se naquele mês a cisterna recebeu água

de carro pipa ou se ocorreram chuvas na região. Para a coleta de amostras foi solicitado ao morador que coletasse a água da mesma forma que fazem diariamente, utilizando baldes ou latas.

### 4.7.3 Modelos pilotos

Os pontos de coleta para avaliação da qualidade da água de chuva ao longo do sistema de captação e armazenamento dos modelos pilotos são apresentados no Quadro 3. O monitoramento da qualidade da água dos modelos pilotos foi realizado quinzenalmente, a partir das primeiras águas de chuvas acumuladas nas cisternas após a lavagem e desinfecção. Teve início no dia 17 de março e final no dia 15 de setembro de 2009, totalizando 13 coletas para cada cisterna. A coleta da água armazenada no desvio foi realizada com retenção máxima de 48 horas depois de período chuvoso.

Para as cisternas controle, as coletas foram realizadas na superfície da água usando um recipiente estéril. Nas cisternas pilotos, as coletas foram feitas com a bomba manual, depois da eliminação do primeiro jato de água. As coletas das águas acumuladas nos desvios foram realizadas na saída do tubo de descarga, localizado na parte inferior do desvio.

**Quadro 3.** Pontos de coletas nos modelos pilotos

<b>Ponto de coleta</b>	<b>Descrição</b>
A	Antes do telhado (água de chuva)
B	Desvio
C	Cisterna piloto (água coletada com a bomba)
D	Cisterna Controle

### 4.7.4 Água de chuva

Com o intuito de determinar as características físicas e químicas da água da chuva na região de estudo, foram realizadas duas coletas de água pluvial. Para o experimento foram utilizadas três bacias de ágata embrulhadas em papel tipo Kraft e esterilizadas em autoclave a 121°C, 30 minutos. Para a coleta de água de chuva, foi retirado o papel os que protegia e colocadas sobre bancos altos (80 cm de altura) para evitar que respingos da água do solo alcançassem a água da bacia. A distância entre os bancos foi de 5,0 m aproximadamente (Figura 34). As águas coletadas nas três bacias foram transferidas com assepsia a um recipiente de 5L

previamente esterilizado. Logo, a amostra foi transportada em caixa isotérmica, a temperatura inferior a 10°C, até o laboratório, onde foram processadas imediatamente.

As coletas de água de chuva foram realizadas nas proximidades da escola (MP 2) nos dias 18 de março e 23 de julho de 2009.



(a)



(b)

**Figura 34.** Coleta da água de chuva: (a) disposição dos bancos; (b) altura de cada banco.

## 4.8 Análises da qualidade da água

### 4.8.1 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas das amostras de água das cisternas foram *in loco* e outras realizadas posteriormente no laboratório. Em campo, foram medidos pH, condutividade elétrica, salinidade e fixado o oxigênio dissolvido, pelo método de Winkler, com modificação azida (AWWA, 1998). Para as análises de laboratório foram coletadas amostras de água em garrafas

de 1 litro, que foram preservadas em caixas isotérmicas com gelo, em temperatura inferior a 10 °C, e processadas dentro do prazo recomendado no Standard Methods (AWWA, 1998).

Os indicadores cor aparente e turbidez foram medidos no Laboratório Central da GAGEPA/CG, as análises de metais foram realizadas no ITEP (Instituto Tecnológico de Pernambuco) na cidade de Recife. Todas as informações para a coleta e transporte das amostras foram orientadas pelo próprio ITEP. As análises de íons (sódio e potássio) foram processadas no EXTRABES em Campina Grande e as demais análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da UFCG.

NO Quadro 4 são apresentados indicadores físicos e químicos analisados e os métodos de análises.

**Quadro 4.** Indicadores físicos e químicos analisados nas amostras de água e metodologia

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Método Analítico</b>
pH	-	pHmetro digital (TECNAL – Modelo: TEC – 3P)
Turbidez	NTU	Turbidímetro digital (HACH – Modelo: 2100P)
Cor aparente	UC	Colorímetro digital (POLICONTROL – Modelo: AquaColor Cor)
Condutividade elétrica	µS/cm	Condutivímetro digital (TECNAL – Modelo: TEC-4P-MP)
Salinidade	PPM	Potenciométrico (TECNAL – Modelo: TEC – 4P – MP)
Sólidos dissolvidos totais (SDT)	mg/L	Gravimétrico (Método de secagem à 180°C)
Cloreto	mg/L	Argentométrico (Método de Mohr).
Oxigênio dissolvido	mg/L	Método de Winkler
DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	Frascos padrões/ Método de Winkler
Alcalinidade	(mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Método da Titulação Potenciométrica
Dureza total	(mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Titulométrico com EDTA
Cálcio	mg/L	Titulométrico com EDTA
Sódio	mg/L	Fotometria de chama
Potássio	mg/L	Fotometria de chama

DQO	mg/L	Refluxação fechada do K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Alumínio	mg/L	Espectrometria de absorção atômica
Chumbo	mg/L	Espectrometria de absorção atômica
Ferro total	mg/L	Espectrometria de absorção atômica
Zinco	mg/L	Espectrometria de absorção atômica
Magnésio	mg/L	Espectrometria de absorção atômica
Manganês total	mg/L	Espectrometria de absorção atômica

As técnicas analíticas seguiram a metodologia descrita no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (AWWA, 1998).

#### 4.8.2 Análises microbiológicas

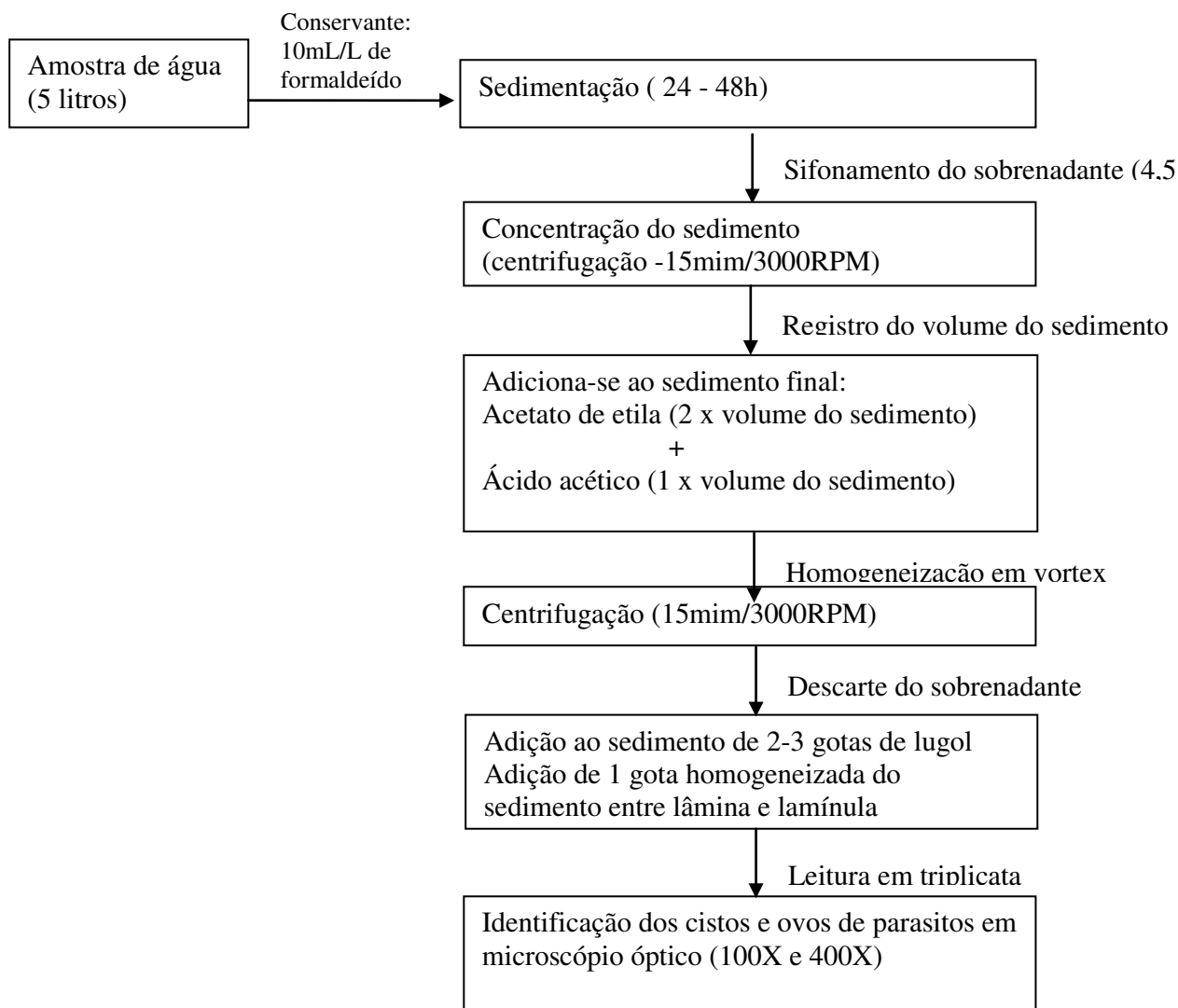
As coletas de água destinadas às análises microbiológicas utilizaram-se garrafas de polietileno com capacidade de 250mL, de boca larga e protegidas com papel laminado. Antes da coleta as garrafas foram esterilizadas em autoclave (121° C – 30’). Essas amostras foram utilizadas na quantificação de coliformes totais, *Escherichia coli* e Bactérias Heterótrofas Totais.

Para determinação de coliformes totais e *Escherichia coli* foi utilizada a técnica de Substrato cromogênico e fluorogênico. A quantificação foi feita pela técnica NMP, com uso de cartelas estéreis descartáveis constituídas de 49 cavidades grandes e 48 cavidades pequenas, que permite detectar até 2416 NMP/100 mL na amostra bruta. Esta técnica baseia-se na ação de enzimas produzidas pelos coliformes, através da alteração de cor e pelo aparecimento de fluorescência sem necessidade de testes confirmativos. As bactérias do grupo coliformes totais liberam a enzima β-D-galactosidase que hidrolisa a molécula do substrato ONPG (orto-nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo), resultando em mudança de cor do meio no teste, pela liberação do orto-nitrofenol (amarela) que indica resultado positivo para coliformes totais após 24 horas de incubação a 37° C. *Escherichia coli* é caracterizada por possuir, além da enzima β-D-galactosidase, a enzima β-glucuronidase que hidrolisa a molécula de substrato MUG (4-metilumbeliferil-β-D-glucoronídeo), resultando na liberação da 4-metil-umbeliferona que apresenta fluorescência azul sob exposição à luz ultravioleta (λ = 365 nm) (AWWA, 1998).

Bactérias Heterótrofas Totais foram quantificadas pela técnica de *Pour Plate* (vertido em placa) utilizando-se o meio de cultura “Plate Count Agar” (PCA) (Difco), com incubação a 37° C durante 48 hs. (AWWA, 1998; CETESB, 2004).

### **4.8.3 Análises parasitológicas**

Para análise de parasitos (ovos de helmintos e cistos de protozoários) foi utilizada a técnica de Ritchie (1948) modificada. A técnica original é utilizada para identificação de parasitos em amostras fecais e foi modificada para atender às necessidades de pesquisa de parasito em água. O procedimento adotado neste trabalho consiste na coleta de 5 litros da amostra de água, sedimentação em baldes de plásticos por um período de 24 a 48 horas e o sobrenadante sifonado com mangueira fina. Esse volume sifonado é de aproximadamente 4,5 litros e o restante (500 mL) contém o sedimento que é concentrado por centrifugação (15 minutos a 3500 RPM) até ficar reduzido a 5 mL. Em seguida adicionou-se acetato de etila em volume equivalente ao dobro do sedimento final da amostra e solução tampão de ácido acético em volume igual ao sedimento, se homogeneiza em vortex e se centrifuga (15 minutos a 3500 RPM). Após o descarte do sobrenadante, o sedimento recebe algumas gotas de lugol e a amostra, bem homogeneizada, foi colocada em lâmina e levada ao microscópio óptico para leitura com aumento de 100X e 200X para a pesquisa qualitativa de parasitos. Foram realizadas três repetições da leitura da amostra. O fluxograma do método de Ritchie modificado é apresentado na Figura 35.



**Figura 35.** Fluxograma da identificação de parasitos pela técnica de Ritchie (1948) modificado

#### 4.9 Monitoramento da água acumulada

Nas oito cisternas foram realizadas, mensalmente, entre os meses de fevereiro/2008 a julho/09, a medição do volume da água acumulada. As cisternas SJC4 e PB4 foram monitoradas até o mês de setembro/09.

Nos modelos pilotos, o volume foi monitorado quinzenalmente a partir das primeiras chuvas ocorridas após a limpeza das cisternas, no dia 17 de março de 2009 até o dia 15 de setembro do mesmo ano.

Para cálculo do volume, foi verificada em campo a altura da coluna sem água no interior da cisterna com o auxílio de uma trena. Sabendo-se os dados de dimensionamento descrito anteriormente nos Quadros 1 e 2, calculou-se o volume de água existente no interior da cisterna.



## 5.0 RESULTADOS

### 5.1 Qualidade da água da chuva

As coletas de água de chuva ocorreram em duas oportunidades: a primeira durante o período de chuvas intensas na região (18/03/09) e a segunda no início do período de verão (23/07/09). As análises microbiológicas não foram realizadas nas amostras do dia 23/07 porque essas amostras chegaram ao laboratório após 24 horas da realização da coleta. Na Tabela 7 observam-se os resultados.

**Tabela 7.** Características físicas, químicas e microbiológicas da água da chuva em São João do Cariri-PB (18/03 e 23/07/09).

Indicadores	Datas de coleta		VMP
	18/03/2009	23/07/2009	
pH	6,22	6,47	6,0 -9,5
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	2,5	3,5	-
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	13	36	500
Condutividade elétrica (uS/cm)	12,1	67,55	-
Salinidade (mg/L)	6,1	33,8	-
Cálcio (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	10	21	-
Sódio (mg/L)	0,85	3,23	200
Potássio (mg/L)	0,2	1,45	-
Turbidez (uT)	0,92	2,02	5,0
Cor aparente (uH)	2,8	4,7	15
SDT (mg/L)	46	68	1000
Cloretos (mg/L)	1,71	4,28	250
Coliformes totais (NMP/100mL)	93,0	-	Ausência
<i>E.coli</i> (NMP/100mL)	11	-	Ausência
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	25	-	500

(-) parâmetro não especificados pela Portaria 518/04-MS

Valores obtidos para os indicadores físicos e químicos das águas de chuva satisfazem aos limites estabelecidos na Portaria N° 518/04-MS. Já os indicadores microbiológicos na amostra do dia 18/03 apresentaram coliformes totais, embora em baixa densidade (93,0 NMP/100mL). Esse baixo nível de contaminação pode ter origem em poeiras suspensas no ar e arrastadas pela chuva, igual que os baixos valores de bactérias heterótrofas totais. Importante destacar que os valores de todos os indicadores da amostra do mês de março foram inferiores aos encontrados na coleta do

mês de julho, e pode ser por motivo das intensas chuvas anteriores à coleta de março, que limpam a atmosfera enquanto que a coleta de julho foi realizada após alguns dias sem chuvas na região.

Os resultados da caracterização da qualidade da água da chuva em São João do Cariri são semelhantes aos de outros trabalhos de monitoramento da qualidade da água da chuva.

Maier, Takino & Miyamaru (1992) em estudo na área rural do Estado de São Paulo, na bacia do córrego Salto Grande, coletaram água de chuva em 54 dias entre os meses de set/87 a mar/88 sempre no início da precipitação e encontraram valores de condutividade elétrica na ordem de 8,2 a 72,7 uS/cm, alcalinidade entre 0 a 20 mg CaCO<sub>3</sub>/L e cálcio de 0 a 9,7 mg/L. Os dados para esses indicadores estão em acordo ao encontrado com o presente trabalho, o que pode ser associado a terem sido realizados com água de chuvas de áreas rurais, longe de fontes poluidoras.

Tresmondi, Tomaz & Krusche (2005) avaliaram o pH da precipitação na área urbana da cidade de Paulínia-SP no período de março/00 a abril/02. O pH estava na faixa de 4,6 a 4,8, o que indica a ocorrência de poluição de indústria que provoca chuvas ácidas. Já Cunha & Dalmago (2000) em trabalho realizado na cidade de Passo Fundo –RS (1992 e 1997), com medições diárias (3 vezes), observaram valor médio de pH da água da chuva de 6,1.

Jaques (2005) em monitoramento da qualidade de água da chuva na área urbana da cidade de Florianópolis-SC, observou valor médio de condutividade elétrica de 16,57 uS/cm, cor de 10uH, turbidez de 4,26 uT, dureza total de 9,29 mg CaCO<sub>3</sub>/L, cálcio de 1,87 mg/L, coliformes totais de 1370 NMP/100mL e *E.coli* de 6,67 NMP/100mL. No geral, esses dados são mais elevados que no presente estudo, justificado por se tratar de uma região urbana.

Segundo Kurukulasuriya (1999) as primeiras águas da chuva apresentam qualidade inferior que os da água que precipita depois devido ao arraste das impurezas da atmosfera, mas geralmente, após a eliminação dessa primeira água, a água da chuva é de excelente qualidade, principalmente nas regiões rurais longe das grandes cidades e das indústrias.

## **5.2 Cisternas**

### **5.2.1 Manejo e manutenção**

A manutenção dos sistemas é deficiente na maioria das residências. As calhas de 50% dos sistemas têm problemas estruturais que comprometem a captação e a qualidade da água. Algumas (37,5%) possuem tampas de folhas de zinco que estão envergadas e com sinais de

ferrugem. Outras apresentam tampas de madeiras e uma chapa de ferro disposta sobre uma lona de plástico.

A parte superior da cisterna é usada como suporte para plantas, colocar roupas ao sol e secar feijão, entre outras utilidades. Foi observado, também que há animais soltos nas proximidades de todas as cisternas. Os moradores declararam que realizavam a lavagem da cisterna uma vez por ano, mas eventualmente essa lavagem não ocorria porque não desejavam jogar a água que ainda ficava ou devido ao difícil acesso ao interior da cisterna.

Em uma das cisternas avaliadas (PB2) o teto desabou nas chuvas de março de 2009. Os moradores improvisaram uma cobertura com madeiras que perdura até hoje. Em cinco cisternas (62,5%) a bomba manual está quebrada e foram abandonadas pelos moradores.

Latas e baldes são utilizadas para retirar água das cisternas. Os moradores afirmaram que o recipiente de coleta é guardado no interior da residência, mas por diversas vezes foi observado o balde ou lata em cima da cisterna.

A água para beber é retirada da cisterna e armazenada em potes de barro no interior das residências. A água de consumo da família da cisterna SJC1 é colocada em garrafão de plástico de 20 litros de água mineral e inserido no suporte padrão desses garrafões. Não foram observados filtros de barro em nenhuma residência. A cloração não é realizada de forma correta, seja por falta de distribuição pelos agentes de saúde ou resistência ao seu uso pelos moradores.

Os moradores afirmaram saber da importância do desvio das primeiras águas da chuva. Essa prática é feita de forma manual, com calhas móveis, e apenas para as primeiras chuvas do período de inverno.

### **5.2.2 Volume de água armazenado nas cisternas**

No Quadro 5 se observa que as cisternas SJC1, SJC4 e PB2 recebem apenas água de chuva. Nas três cisternas, houve aumento do volume armazenado somente durante o período de chuvas e decréscimo na estiagem. A água dessas três cisternas é utilizada apenas para consumo humano, cozinhar e para higiene pessoal por um pequeno número de moradores: 4, 3 e 2 pessoas nas residências SJC1, SJC4 e PB2, respectivamente. Estas três famílias confirmam que o volume armazenado durante a época de chuva é suficiente para uso durante todo o período de estiagem se seu consumo for racional.

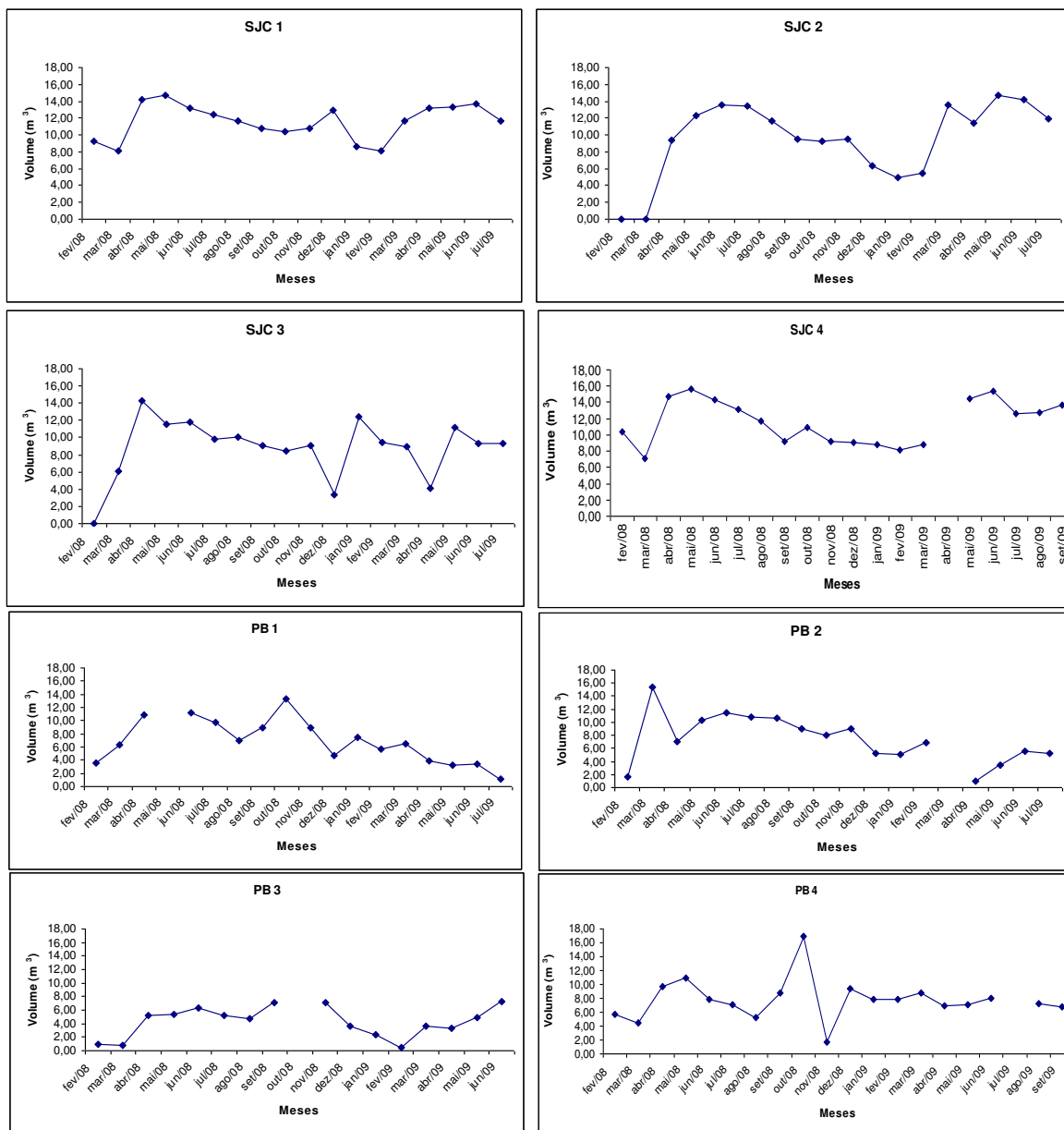
As demais cisternas (SJC2, SJC3, PB1, PB3 e PB4) receberam água transportada em carro pipa em alguns meses. A água dessas cisternas é utilizada para todos os afazeres domésticos. A cisterna SJC2 recebeu água transportada em carro pipa em dez/07, mas logo a

cisterna secou e acumulou água apenas de chuva até fev/09. A partir desse mês a cisterna recebeu água de carro pipa durante dois meses consecutivos. Esta cisterna abastece 3 pessoas.

SJC3 recebeu água de carro pipa em dez/07 e mar/08, só recebendo novamente nos meses de jan, fev e mar/09. A demanda de água nessa cisterna é para uso de 5 pessoas e entre os meses de novembro e dezembro ocorreu demanda de  $5\text{m}^3$ , devido ao aumento de pessoas na residência (visita de parentes).

A cisterna PB1 atende uma demanda de 5 pessoas e recebeu água de carro pipa durante os meses de dez/07, fev, set e out/08 e jan/09. Na Figura 36 observa-se um pico no volume de água armazenada nos meses correspondentes ao recebimento de água de carro pipa. A cisterna PB3 abastece a duas pessoas e recebeu apenas uma vez água de carro pipa (mês de jan/08). Os moradores usam a água para diversos fins, a residência possui uma pequena área de captação ( $24,5\text{ m}^2$ ), o qual limita a acumulação de água na cisterna.

A cisterna PB4 abastece apenas 3 pessoas e apresentou algumas peculiaridades: recebeu água de carro pipa no mês de jan/07, e novamente no mês de outubro, quando a cisterna foi totalmente cheia com essa água. No período seguinte a demanda de água foi intensa: foram utilizados  $14\text{ m}^3$  da água armazenada em um mês. Há suspeitas que o morador utilizou a água da cisterna para alguma construção. No mês seguinte, (dezembro) a cisterna recebeu mais uma vez água de carro pipa que aumentou o volume armazenado para  $9\text{ m}^3$ .



**Figura 36.** Variação do volume de água acumulada nas cisternas ao longo do tempo (dez/07 – jul/09), SJC4 e PB4 até set/09.

**Quadro 5.** Abastecimento das cisternas com água transportada em carros pipa no período de dezembro/07 a setembro/09

Recepção de água transportada em carro pipa																		
	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Abr/Mai/jun/ jul/ago/08	set/08	out/08	Nov/08	dez/08	jan/09	fev/09	mar/09	abr/09	Mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09
<b>SJC1</b>	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	-	-
<b>SJC2</b>	Sim	Não recebe	Vazia	Vazia	Não – Cheia apenas com água da chuva	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Sim	Sim	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	-	-
<b>SJC3</b>	Sim - água misturada (água de carro pipa + água da chuva)	Não recebe	Vazia	Sim	Sim – água misturada (água de carro pipa + água da chuva)	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Sim	Sim	Sim	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	-	-
<b>SJC4</b>	-	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe
<b>PB1</b>	Sim	Não	Sim	Não	Sim – água misturada (água de carro pipa + água da chuva)	Sim	Sim	Não recebe	Não recebe	Sim	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	-	-
<b>PB2</b>	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Vazia	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	-	-
<b>PB3</b>	Não	Sim	Não recebe	Não recebe	Sim – água misturada (água de carro pipa + água da chuva)	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	-	-
<b>PB4</b>	-	Sim	Não recebe	Não recebe	Sim – água misturada (água de carro pipa + água da chuva)	Não recebe	Sim	Não recebe	Sim	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe	Não recebe

(-) Não monitorado

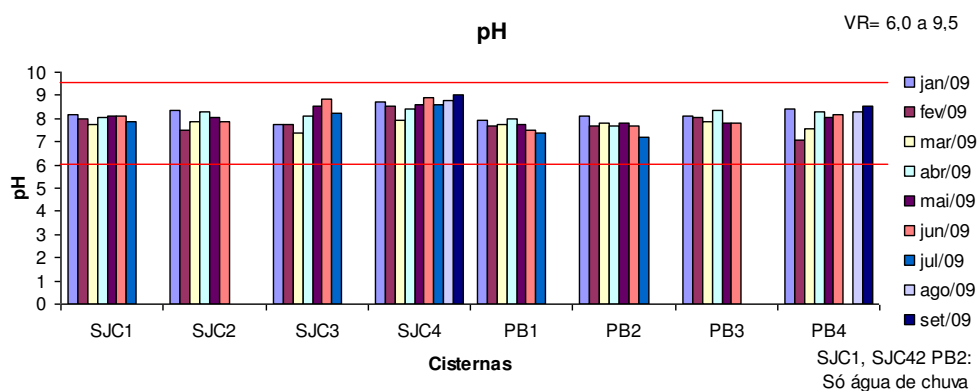
### 5.2.3 Qualidade física e química das águas armazenadas nas cisternas

Para análises dos resultados, os dados são apresentados em histograma mostrando a variação temporal da qualidade no período de jan/09 a set/09 nas oito cisternas, como também em gráficos box blot para comparar dados de duas épocas, dez/07 a dez/08 e jan/09 a jul/09 e comparação de cisternas que apresentavam apenas água de chuva armazenada, água misturada (água de chuva + água transportada em carro pipa) e cisternas que apresentavam apenas água de carro pipa armazenada.

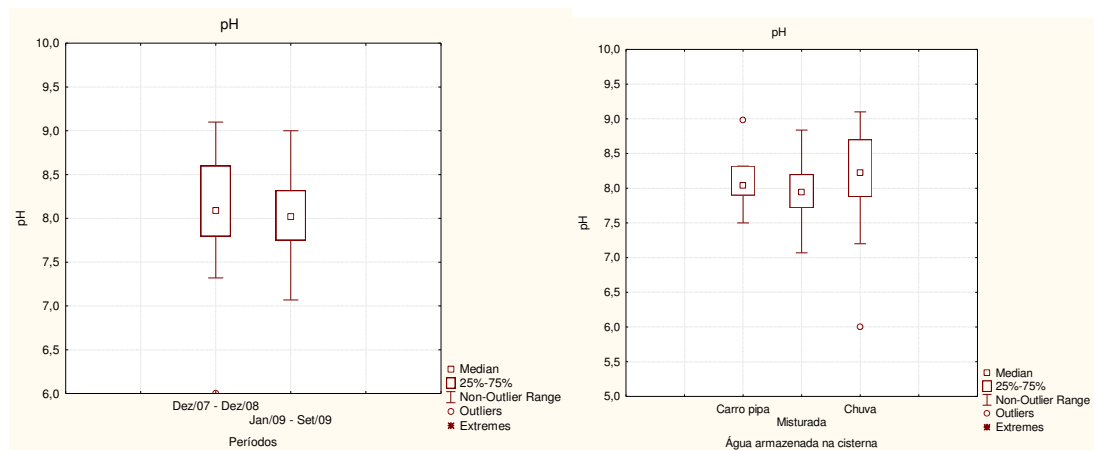
As águas de todas as cisternas apresentaram pH dentro da faixa do VMP da Portaria 518/04-MS, entre 6,0 e 9,5. Não houve diferenças de pH entre as águas de chuva, de águas transportadas por caminhão pipa e as águas misturadas. Também não houve diferenças entre as duas épocas estudadas (Figuras 37 e 38).

Brito *et al.* (2005) estudaram a qualidade da água de 60 cisternas no município de Petrolina e observaram valor médio de pH de 7,67, todos os resultados estiveram de acordo com a Portaria 518/04-MS. Silva (2006), analisando 16 cisternas no semiárido de Minas Gerais, observou valor médio de pH em torno de 8,3 para águas de cisternas novas e antigas.

Conclui-se que o pH da água armazenada na cisterna sofre influência de substâncias dissolvidas da parede interna de revestimento, principalmente carbonato de cálcio, conseqüentemente eleva o pH da água armazenada tornando-a com características básicas, resultados um pouco diferente da água da chuva que normalmente tem características um pouco ácida. Entretanto, normalmente os valores de pH da água armazenada em cisternas atendem o que determina a Portaria 518/04-MS.



**Figura 37.** Distribuição mensal de pH nas águas de cisternas (período de jan-set/09).



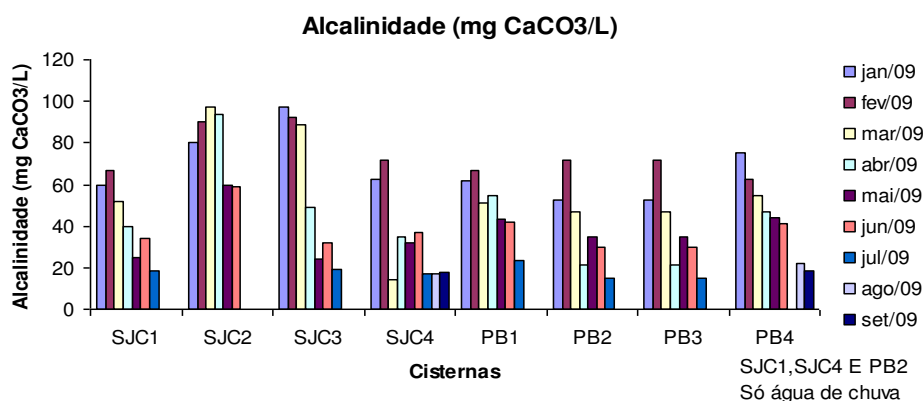
**Figura 38.** Gráficos box plot de pH comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

Alcalinidade da água não é um indicador citado na Portaria 518/2004-MS. No histograma da Figura 39, se observa maiores valores de alcalinidade para os meses de janeiro e fevereiro, possivelmente devido ao baixo volume de água na cisterna e à maior concentração de carbonatos e bicarbonatos liberados dos materiais de construção. Foi observado que as cisternas mais novas (com 4,5 anos de construção) apresentaram, em média, valores 13% mais elevados que as cisternas mais velhas (mais de 5,0 anos de construção).

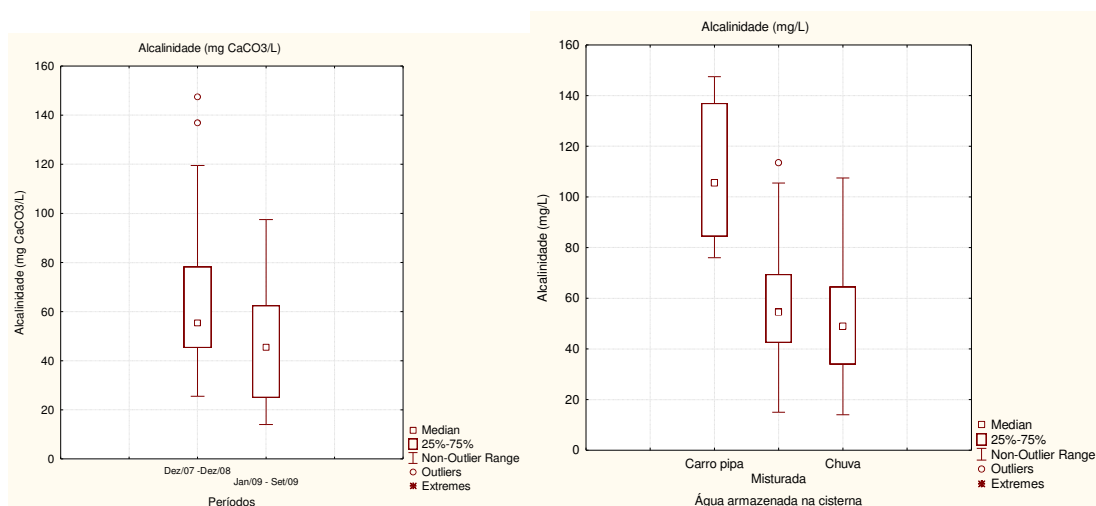
Nas cisternas que receberam água de carro pipa, a alcalinidade foi mais elevada nos meses que receberam esse tipo de água. Ficaram mais baixos pela diluição com água de chuva, como se observa no Quadro 5. A Figura 40 apresenta um panorama de todos os meses de pesquisa. O valor médio de alcalinidade nas cisternas apenas com água de carro pipa foi de 107 mg/L, valores inferiores, com média de 57 mg/L se mediram nas águas misturadas (água de carro pipa e água de chuva) e nas cisternas com apenas água de chuva o valor médio foi de 50 mg/L. Confirma-se que a água de carro pipa é de pior qualidade e que causa a depreciação da água de chuva armazenada na cisterna. O valor médio de alcalinidade observado para o período de dez/07 a dez/08 foi mais elevado (67 mg CaCO<sub>3</sub>/L) comparado ao período de jan a set/09 (43 mg CaCO<sub>3</sub>/L). O uso mais freqüente da água de carro pipa no primeiro período pode ter sido determinante de tais resultados.

Jaques (2005), em estudo sobre a qualidade de água de chuva armazenada em reservatórios de plástico na cidade de Florianópolis (SC), encontrou valor médio de alcalinidade de 3,62 mg/L. Possivelmente o material do tanque, plástico e não cimento pode ter influenciado nos baixos valores encontrados, mantendo esse indicador dentro de valores característicos da água de chuva.





**Figura 39.** Distribuição mensal de alcalinidade nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).



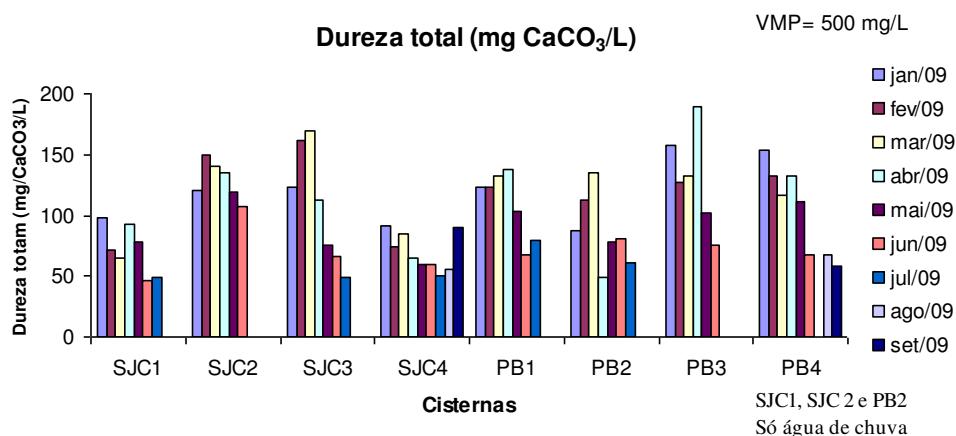
**Figura 40.** Gráficos box plot de alcalinidade comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

No monitoramento de jan-set/09 os valores de dureza total variaram de 46 a 190 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . Portanto são águas que estão de acordo com o VMP da Portaria 518/04, que estabelece 500 mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . A dureza elevada pode provocar danos de ordem econômica às indústrias e nas próprias residências por acumular carbonato de cálcio e ou de magnésio nas tubulações. Entretanto, valores elevados de dureza podem ser importantes no suprimento alimentar diário do ser humano. Cálcio e magnésio devem ser adquiridos com os alimentos. Em comunidades carentes, minerais presentes na água são importantes como suprimentos alimentares e valores de cálcio e magnésio em concentrações mais elevadas podem prevenir problemas cardiovasculares (WHO, 2006).

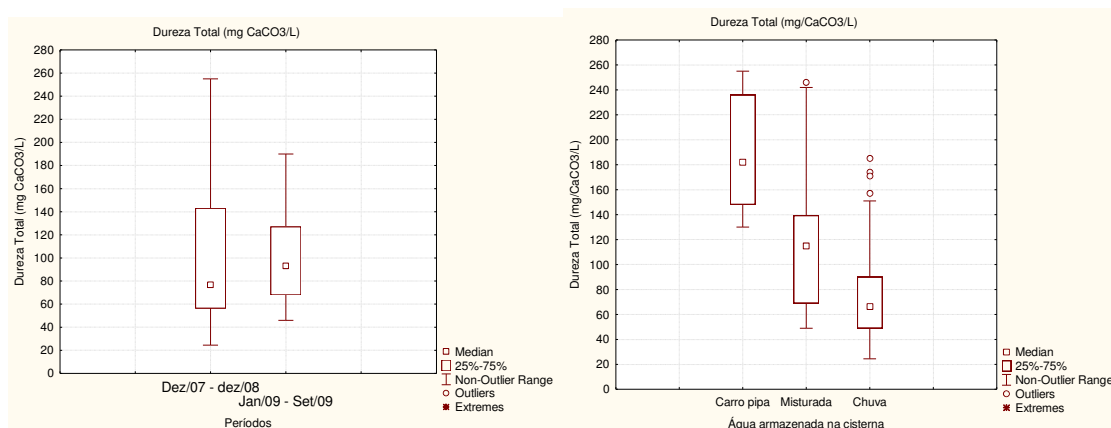
Observam-se que os valores de dureza total da água são baixos nas cisternas analisadas que receberam apenas água de chuva e se mantiveram com pouca variação. A cisterna PB2 só recebeu

água de chuva, entretanto, apresentou pequenos picos nos meses de fevereiro e março devido à queda da cobertura no interior da cisterna com o qual pode ter ocorrido liberação de íons, elevando os valores de dureza. Em abril a cisterna foi esvaziada e começou a receber água de chuva, apresentando novamente baixos valores de dureza total. Nas demais cisternas a água de carro pipa se mostra o fator preponderante para os valores mais altos deste indicador (Figura 41).

A Figura 42 mostra as flutuações dos valores da dureza. Nos meses que as cisternas tinham apenas água de carro pipa, os valores médios foram mais altos (192 mg CaCO<sub>3</sub>/L), no entanto, a mistura com a água da chuva diminuiu a dureza (112 mg CaCO<sub>3</sub>/L) e as cisternas que armazenaram apenas água de chuva apresentaram valores inferiores (76 mg CaCO<sub>3</sub>/L).



**Figura 41.** Distribuição mensal de dureza total nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).

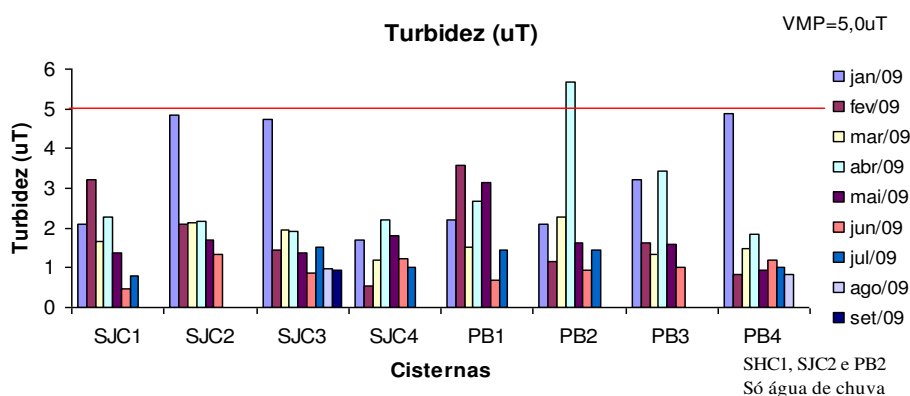


**Figura 42.** Gráficos box plot de dureza total comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

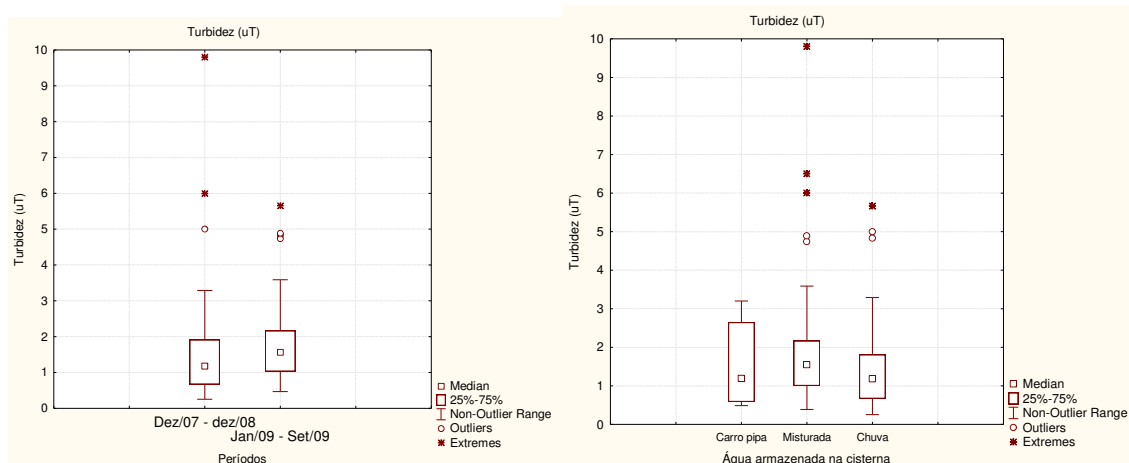
Para turbidez, a Portaria 518/04-MS determina VMP de 5,0 uT para amostras pontuais. Das amostras analisadas de janeiro a setembro de 2009, apenas a cisterna PB2 apresentou valor acima do VMP, mês de abril, época que estava com o menor volume acumulado (0,9 m<sup>3</sup>) (Figura 43).

Não há diferenças de resultados obtidos entre os valores de turbidez nos dois períodos de estudo (Figura 44). As cisternas com água misturada tiveram valores de turbidez mais elevados, de 2,1 uT, provavelmente porque as chuvas suspenderam os sedimentos acumulados no fundo das cisternas. As cisternas com apenas água de chuva e somente com água de carro pipa tiveram valores semelhantes. Provavelmente as chuvas ressuspenderam os sedimentos acumulados no fundo das cisternas.

Kato et. al., (2006), monitorando a qualidade das águas de 20 cisternas, no município de Poço Redondo em Sergipe, observaram que 16 delas recebiam água transportada em carro pipa e constataram que essas cisternas apresentaram valores de turbidez semelhantes aos das cisternas que armazenavam apenas água de chuva. As diferenças foram pequenas, com valor médio de 1,01 uT para água misturada e 0,8 uT para cisternas com água de chuva.



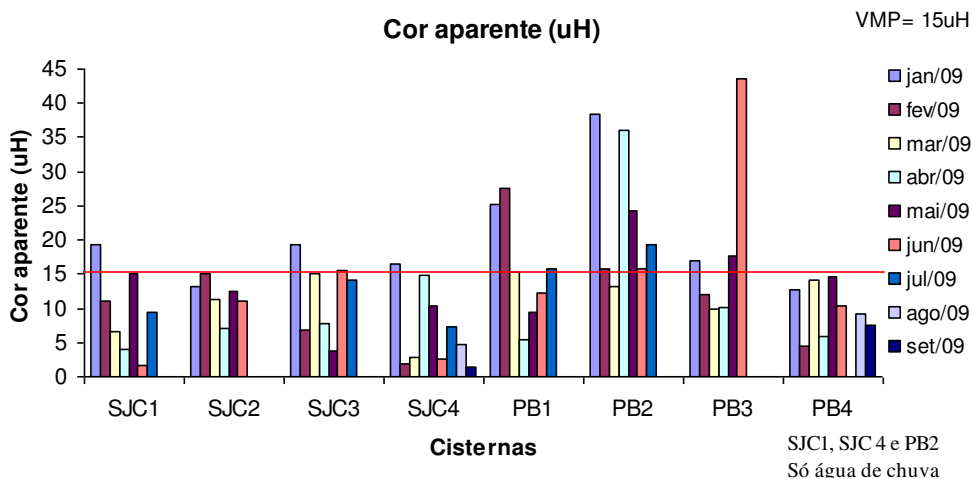
**Figura 43.** Distribuição mensal de Turbidez nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).



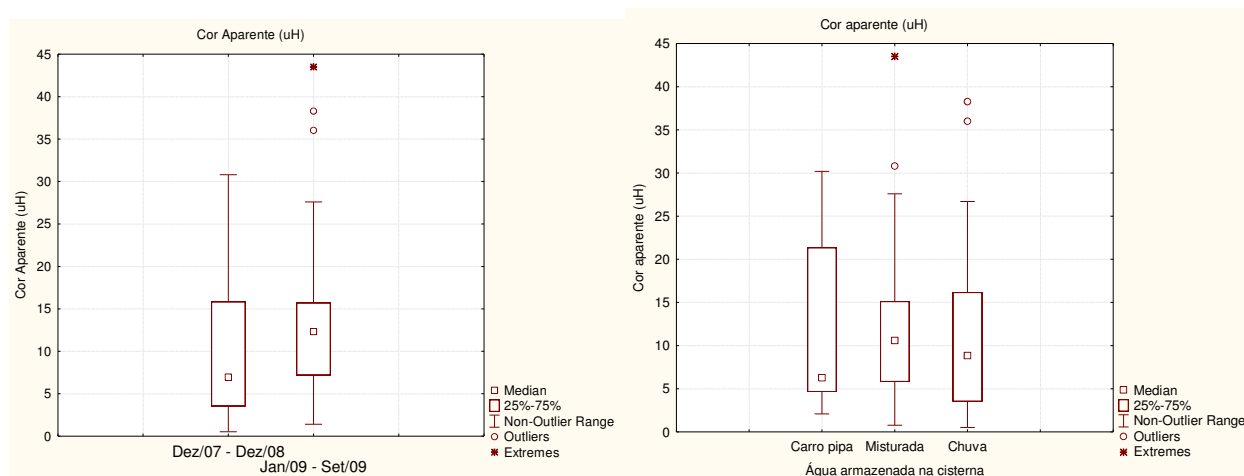
**Figura 44.** Gráficos box plot de Turbidez comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

Na Portaria 518/04–MS, o VMP para cor aparente é de 15 uH. No histograma da Figura 45, observa-se grande variação desse indicador ao longo do tempo, entretanto a média dos valores é inferior ao VMP (15 uH) para água potável.

No box plot da Figura 46, observa-se que os valores encontrados no primeiro período (dez/07 a dez/08) foram inferiores aos encontrados no segundo período (jan/09 a set/09). Em todo o período, a água armazenada na cisterna que recebeu água de carro pipa obteve média mais elevada (12 uH), quando comparada com cisternas com água misturada (11,2 uH) e apenas com água de chuva (10,8 uH).



**Figura 45.** Distribuição mensal de cor aparente nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).



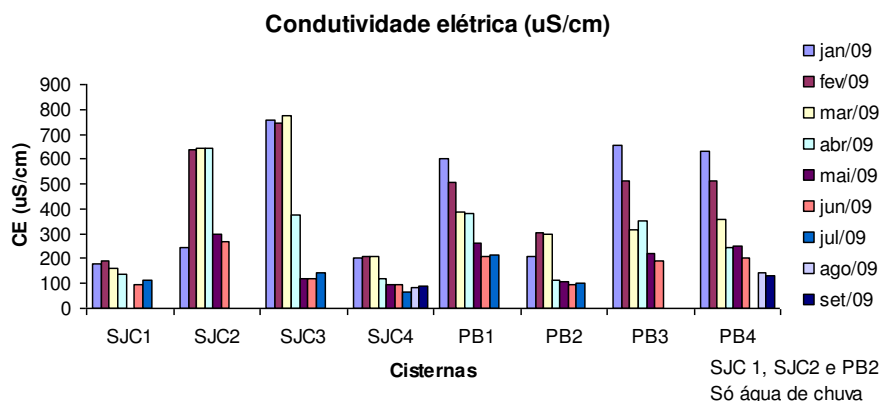
**Figura 46.** Gráficos box plot de cor aparente comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

A condutividade elétrica é um indicador não considerado na Portaria 518/04. Caracteriza-se pela presença de íons na água que conduzem a corrente elétrica. Geralmente os valores da condutividade elétrica variam de 1 a 2 vezes a concentração de SDT em mg/L (UNICEF, 2008).

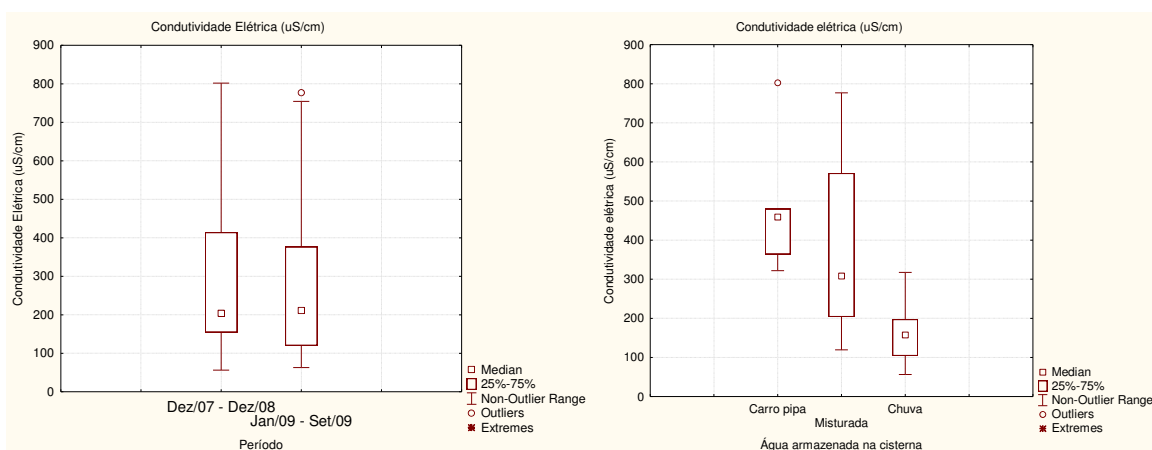
No histograma da Figura 47, observam-se que nas cisternas que receberam apenas água da chuva, valores de condutividade elétrica são inferiores que as demais cisternas que receberam água de carro pipa. A cisterna PB2 apresentou dois picos nos meses de fev-mar/09, exatamente quando ocorreu o desabamento da cobertura da cisterna no corpo de água. Uma vez retirado os destroços e feita a limpeza da cisterna os valores de condutividade voltaram a ser semelhantes aos das cisternas SJC1 e SJC4, que recebem apenas água de chuva.

No box plot da Figura 48, observam-se que os valores de condutividade elétrica se mantiveram constantes ao longo de dez-07 a set/09. A água do carro pipa foi o grande interferente na qualidade da água das cisternas, para condutividade elétrica. Em média, as cisternas com apenas água de chuva tiveram valores 66% mais baixos do que as cisternas com água de carro pipa.

Schüring & Schwientek (2005) em estudo sobre águas de chuvas armazenadas em cisternas de comunidades rurais do semiárido pernambucano observaram valor médio de condutividade elétrica de 211,2 uS/cm, que são inferiores aos encontrados na presente pesquisa.



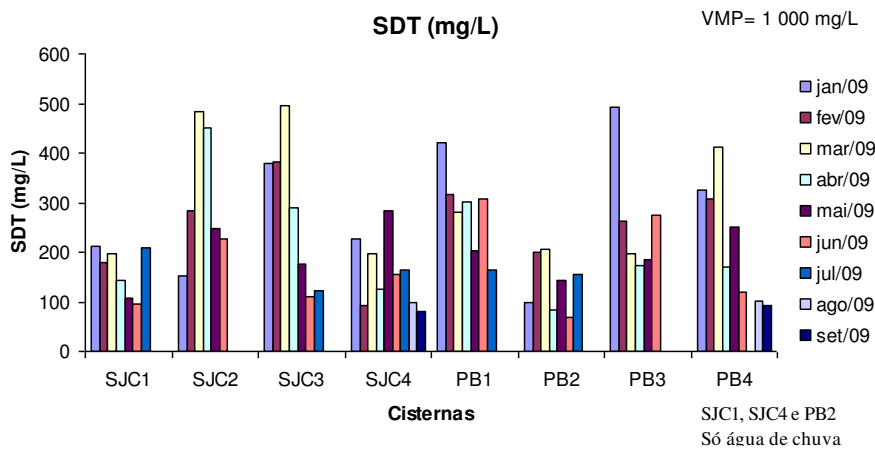
**Figura 47.** Distribuição mensal de condutividade elétrica nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).



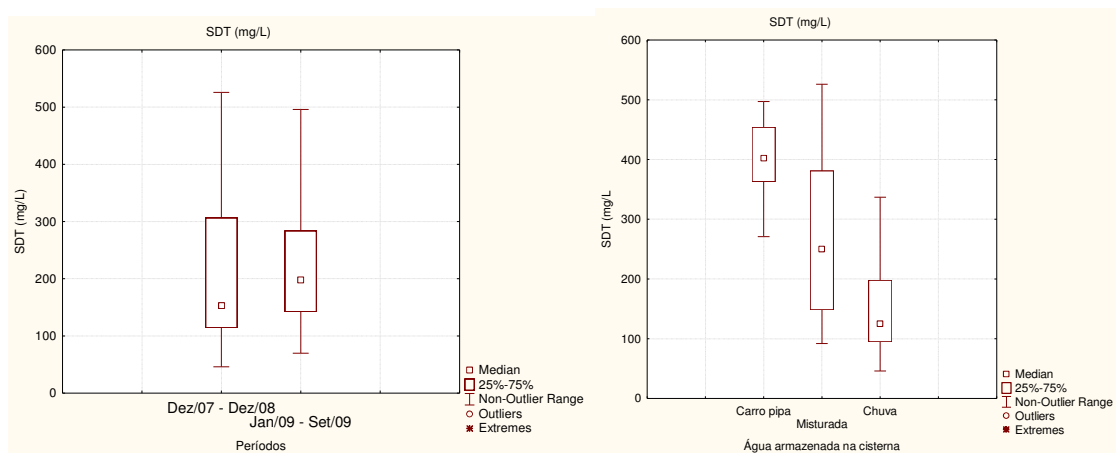
**Figura 48.** Gráficos box plot de condutividade elétrica comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

Em todas as amostras, os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) foram inferiores ao VMP da Portaria N° 518/04 - MS (1000 mg/L). Os sólidos dissolvidos em água potável são constituídos principalmente por sais inorgânicos e matéria orgânica (SAWYER *et al.*, 1994).

Na Figura 49, para os meses de jan a set/09, observa-se que as cisternas com apenas água de chuva apresentam menores valores. As demais cisternas tiveram picos de SDT nos meses com aporte de água de carro pipa e nos meses consecutivos diminuíram as concentrações de SDT pela mistura com água de chuva. Os valores médios de todas as amostras do primeiro e segundo período foram semelhantes (Figura 50). As cisternas com apenas água de carro pipa apresentaram valores mais elevados, seguidas pelas cisternas com água misturada e menores ainda nas cisternas com apenas água de chuva. A redução de SDT das cisternas apenas com água de carro pipa para as cisternas com água de chuva foi, em média, de 59%.

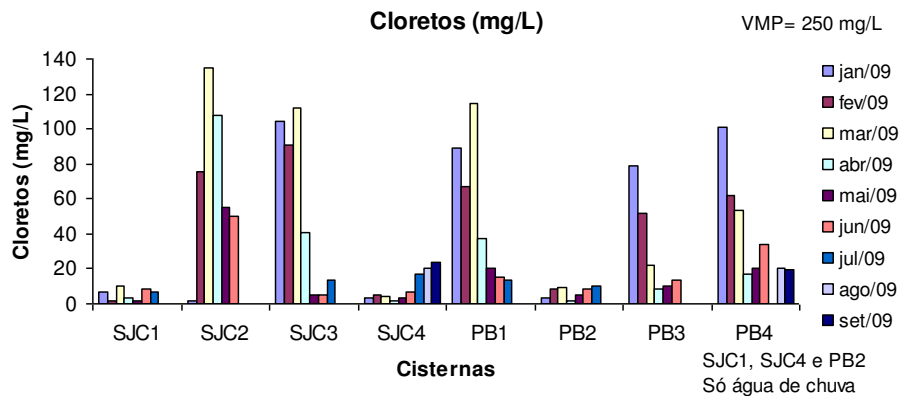


**Figura 49.** Distribuição mensal de SDT nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).

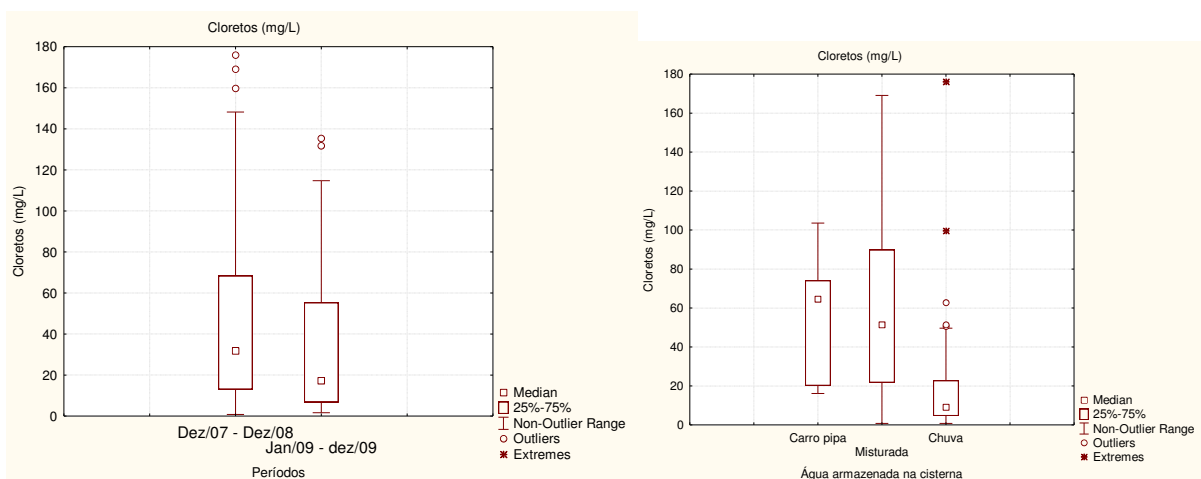


**Figura 50.** Gráficos box plot de SDT comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

De forma semelhante à maioria dos indicadores físicos e químicos analisados, os níveis de cloretos apresentaram valores, para todas as amostras, abaixo do que determina a Portaria 518/04 – MS (250 mg/L). Observa-se que as cisternas que nunca receberam água de carro pipa tiveram valores menores (Figura 51). Em média, no primeiro período (dez/07 a dez/08) foram encontrados valores mais elevados de cloretos quando comparados com os dados do segundo período, 45 e 32mg/L, respectivamente (Figura 52).



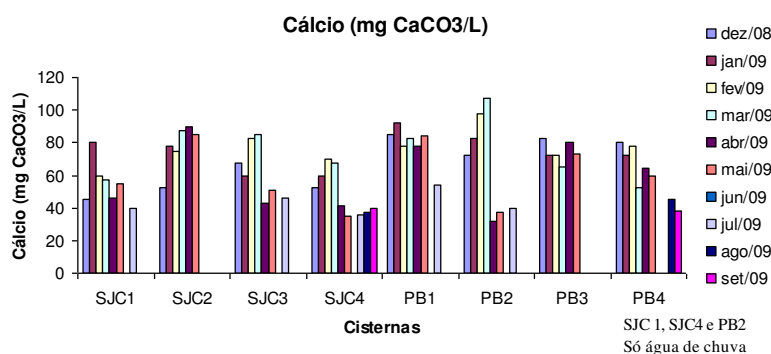
**Figura 51.** Distribuição mensal de cloretos nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).



**Figura 52.** Gráficos box plot de cloretos comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

Os íons cálcio, sódio e potássio foram acrescentados às análises no mês de dez/08. Apenas sódio é citado na Portaria 518/04, com VMP de 200 mg/L.

Cálcio forma parte dos carbonatos e bicarbonatos e é uma fração da dureza total. Sua concentração se manteve abaixo de 100 mg/L. As cisternas SJC2 e SJC4 apresentaram valores mais baixos, por receberem apenas água de chuva, a cisterna PB2 por problemas estruturais apresentou picos altos nos meses de fev-mar/09 (Figura 53).



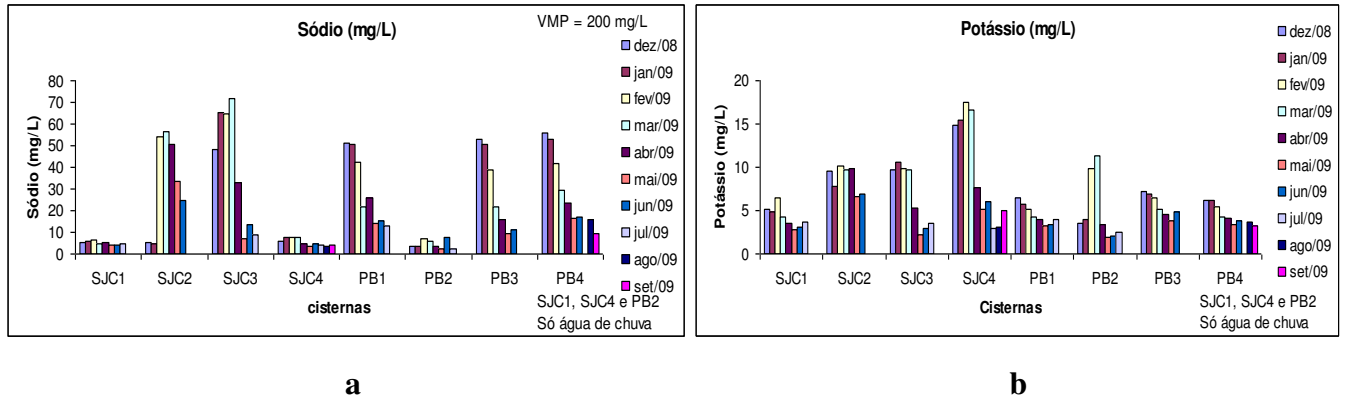
**Figura 53.** Distribuição mensal de Cálcio nas águas de oito cisternas (período de dez/08-set/09).

Sódio pode alterar o sabor da água se atingir valor superior ao estabelecido pela legislação. Por outro lado, concentrações de sódio, cálcio e potássio são importantes na água de beber por fazer parte da dieta do ser humano (WHO, 2009). Todas as amostras tiveram concentração de sódio abaixo do VMP (200 mg/L), com destaque para as cisternas que recebem água de chuva, com valores bem inferiores aos das demais cisternas (Figura 54a).

SILVA (2006), em monitoramento de 16 cisternas no interior de Minas Gerais, observou valores de sódio foram semelhantes aos obtidos no presente trabalho, com resultados médios menores nas cisternas mais antigas (2,5 mg/L) e mais elevados nas mais novas (3,6 mg/L). O sódio está presente na constituição do cimento e com o passar dos anos, a liberação desse íon se estabiliza.

Os íons de potássio não são especificados na Portaria 518-04 MS, entretanto, os valores ficaram abaixo de 20 mg/L em todas as amostras, não houve diferenças dos resultados médios das cisternas com água de chuva e água misturada (Figura 54b).



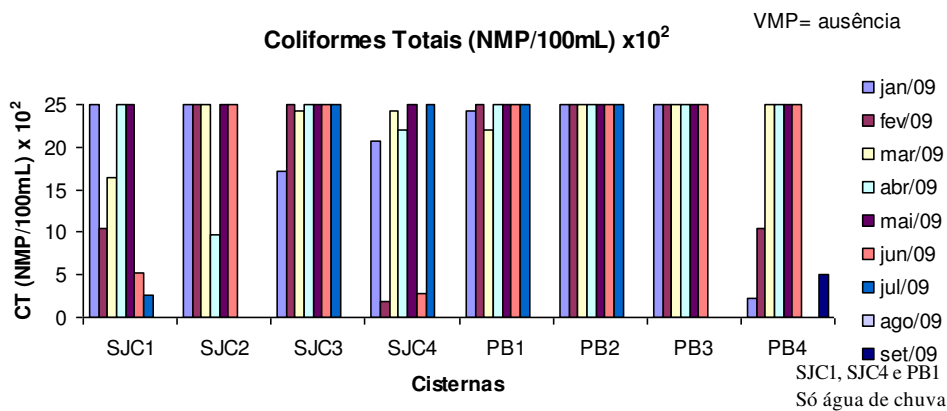


**Figura 54.** Distribuição mensal de sódio e potássio nas águas de oito cisternas no período de dez/08-set/09. a) sódio; b) potássio.

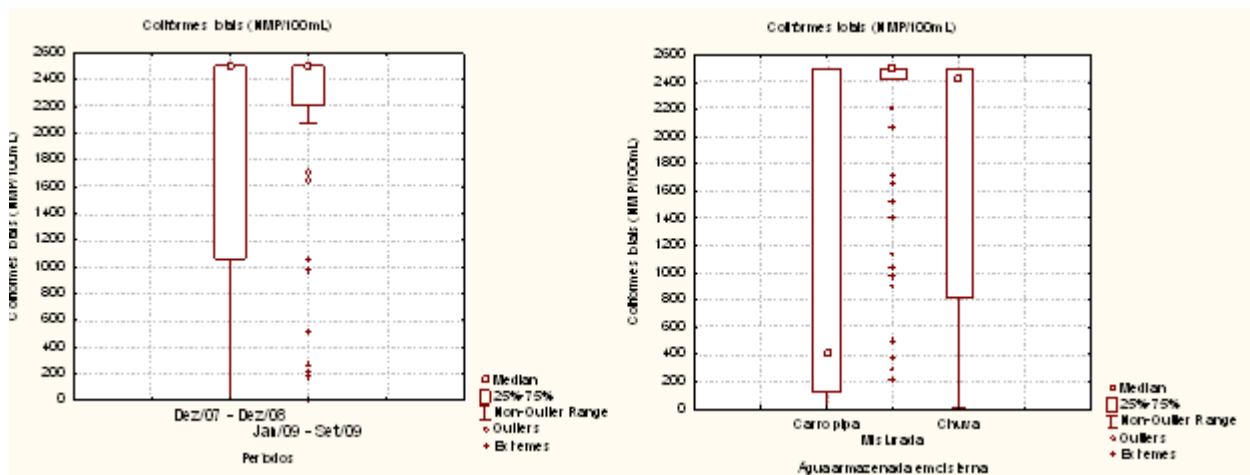
### 5.2.4 Qualidade microbiológica da água armazenada em cisternas

As águas armazenadas nas oito cisternas não satisfazem condições microbiológicas da Portaria 518/04 para água potável, que exige ausência de coliformes totais e *E.coli*.

Todas as amostras analisadas em 2009 apresentaram coliformes totais com média de 2084 NMP/100mL. As cisternas SJC4 e PB4 possuem sistemas de desvio das primeiras águas, e suas águas apresentaram contaminação um pouco menor que as demais (Figura 55). Na Figura 56 observa-se que os dados do primeiro período apresentaram valores médios de coliformes totais (1811 NMP/100mL) mais baixos que o segundo período (2084 NMP/100mL). As cisternas com águas misturadas apresentaram os piores resultados.

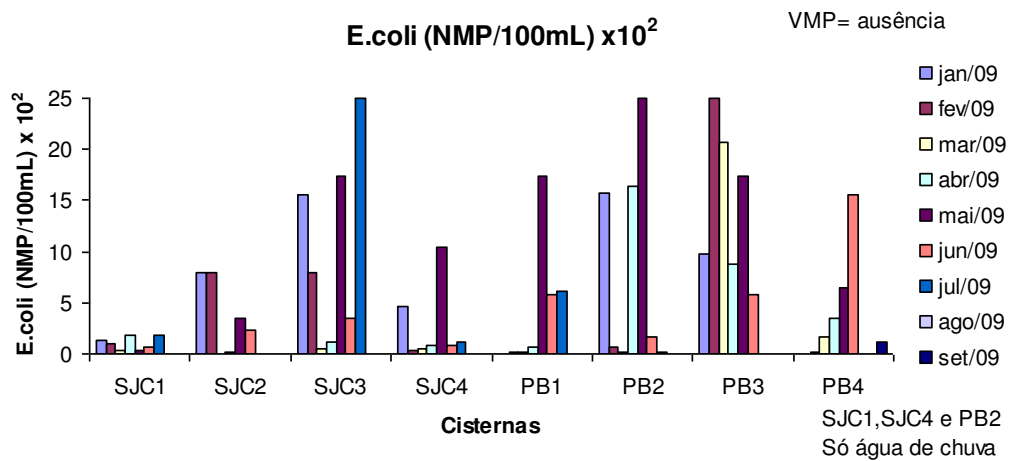


**Figura 55.** Distribuição mensal de coliformes totais nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).

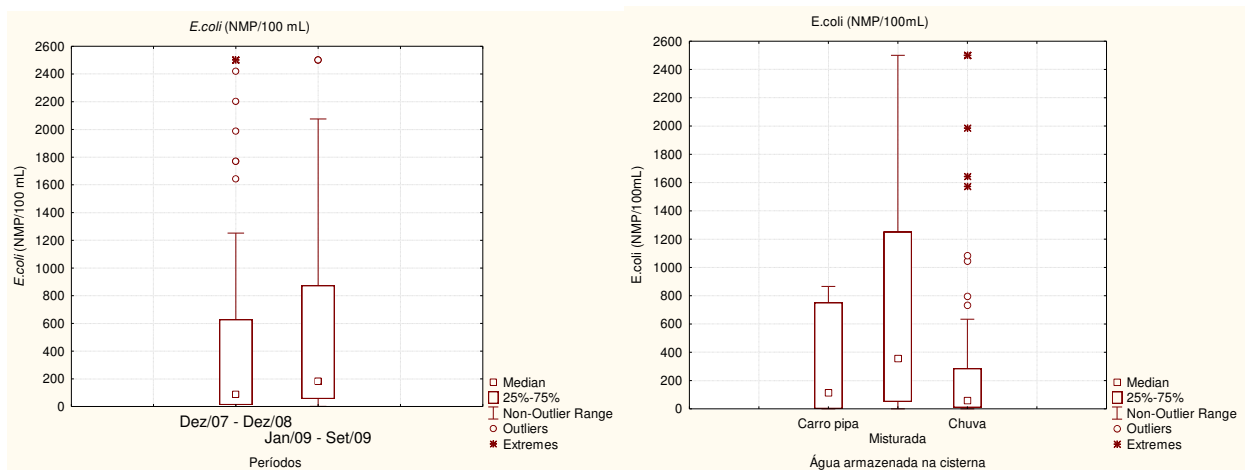


**Figura 56.** Gráficos box plot de coliformes totais comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

A presença de *E.coli* confirma a contaminação fecal recente, seja humana ou de animais de sangue quente. No histograma da Figura 57 observa-se que todas as amostras apresentaram contaminação por *E.coli*. As cisternas SJC1 e SJC4 que armazenam apenas água da chuva apresentaram menores valores. As demais cisternas tiveram influência de água de carro pipa. A contaminação por *E.coli* manteve-se em níveis semelhantes nos dois períodos de pesquisa, embora houvesse menor dispersão no primeiro período (Figura 58),

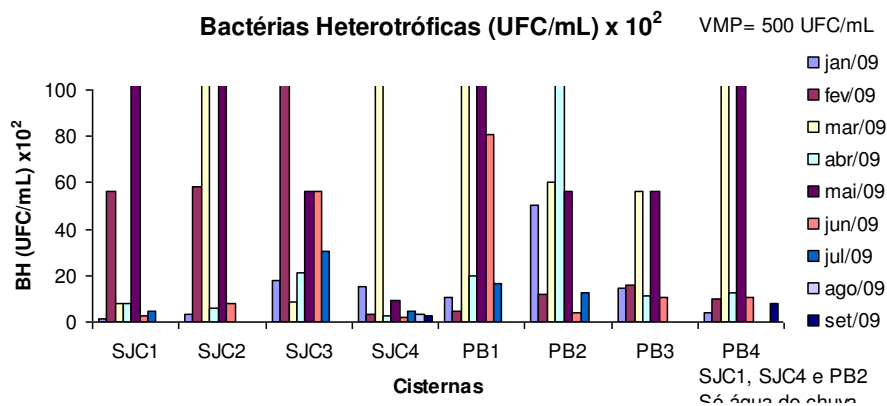


**Figura 57.** Distribuição mensal de *E.coli* nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).

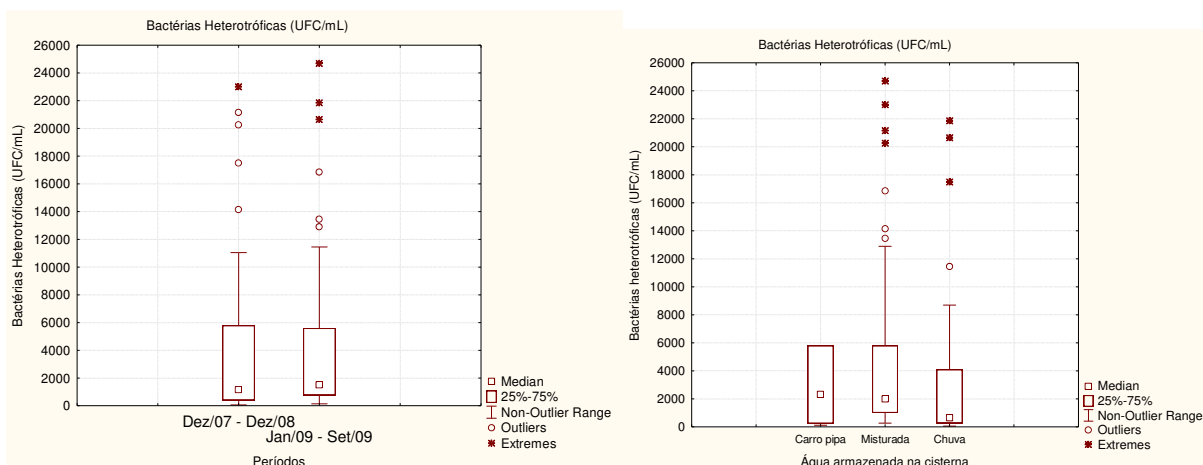


**Figura 58.** Gráficos box plot de *E.coli* comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

A maioria das amostras coletadas em 2009 apresentou bactérias heterotróficas totais superiores ao VMP da Portaria 518/04–MS, de 500 UFC/100mL (Figura 59), de forma semelhante ao observado em 2008. As cisternas que apresentaram apenas águas da chuva tiveram resultados mais satisfatórios quando comparados as cisternas com água de carro pipa e águas misturadas (Figura 60).



**Figura 59.** Distribuição mensal de bactérias heterotróficas totais nas águas de oito cisternas (período de jan-set/09).



**Figura 60.** Gráficos box plot de bactérias heterotróficas totais comparando os resultados em períodos e o tipo de água armazenada nas oito cisternas.

### 5.2.5 Qualidade parasitológica da água armazenada nas cisternas

Entre os meses de jul/08 e mai/09 foi pesquisada a presença de parasitos nas águas das 8 cisternas. Em cada cisterna foram realizadas 6 determinações de parasitos identificados ao nível de gênero.

A Tabela 8 mostra a freqüência absoluta (quantas vezes cada parasito foi observado no total de 6 amostras) e a freqüência relativa (percentagem de amostras que apresentaram um ou mais parasitos. Destaca-se que foram pesquisados cistos de protozoários e ovos de helmintos e não trofozoitos e vermes adultos.

**Tabela 8.** Freqüências relativas e absolutas de parasitos em água das 8 cisternas (período de jul/08-mai/09).

Cisternas	Gênero	Freqüência absoluta por gênero (1)	Freqüência relativa total (%)
SJC1	ND	0	0
SJC2	Cisto de <i>Giardia sp</i>	1	50
	Cisto de <i>Entamoeba coli</i>	2	
SJC3	Cisto de <i>Giardia sp</i>	3	50
SJC4*	ND	0	0
PB1	Cisto de <i>Giardia sp</i>	2	83
	Ovo de <i>Thichuris sp</i>	1	
PB2	Cisto de <i>Entamoeba coli</i>	3	33
	Ovo de <i>Ascaris sp.</i>	2	
PB3	Cisto de <i>Entamoeba coli</i>	1	17
PB4*	Cisto de <i>Entamoeba coli</i>	1	17

Legenda: ND – Não detectado (1) Número total de amostras

\*Cisternas com sistema de desvio das primeiras águas das chuvas

Apenas em SJC1 e SJC4, cisternas que armazenam água de chuva, não houve incidência de parasitos. As cisternas SJC2 e SJC3 apresentaram parasitos em 50% das amostras. Foram identificados cistos de *Giardia sp* nas duas cisternas e de *Entamoeba coli* em SJC2. Na maioria das cisternas foram observados mais de um gênero de parasitos. As cisternas PB1 e PB2 apresentaram as piores condições de higiene conforme as observações visuais observadas nas visitas de campo. Em PB1 foi observado a presença de parasitos em 83% das amostras (5 amostras do total de 6), com destaque para cistos de *Giardia sp* (2 vezes), ovo de *Trichuris sp* (1 vez) e cisto de *Entamoeba coli* (três vezes). Os parasitos encontrados podem ser de origem animal ou humano. É praticamente impossível identificar no microscópio óptico sua procedência. Podem ser introduzidos nas cisternas com a água do carro pipa, deixados por pequenos animais na área de captação e arrastados com a água de escoamento e ou pelo manejo inadequado dos sistemas, em particular os baldes usados para retirar a água, que são deixados no chão de terra, onde frequentemente há circulação de animais.

Importante destacar a presença de cisto de *Entamoeba coli* na cisterna PB4 no mês de julho de 2008. Depois que foi instalado o sistema de desvio das primeiras águas não foi mais detectado a presença de parasitos nessa cisterna.

Os protozoários são excretados na forma de cistos os quais possuem membranas externas resistentes e que podem não ser destruídos no processo de desinfecção com cloro. Os helmintos são eliminados na forma de ovos e apresentam também maior resistência aos fatores ambientais e à desinfecção. Pode-se eliminar essa contaminação através da fervura da água para uso doméstico por um período de, no mínimo, cinco minutos (CIMERMAN, 1999; REY, 2002; NEVES, 2005).

TEIXEIRA & HELLER (2004) coletaram amostras fecais de 753 crianças, em 29 assentamentos na cidade de Juiz de Fora-MG, 161 (21,38%) apresentaram helmintoses. As prevalências foram de 14,74%, 11,02%, 1,99% e 1,33%, respectivamente para *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, ancilostomídeos e *Strongyloides stercoralis*. As análises de dados revelaram que variáveis relacionadas à estrutura familiar (idade da criança), às condições sócio-econômicas (renda familiar) e no ambiente onde vive a criança (quanto à qualidade da água e deficiências no esgotamento sanitário) mostraram-se fatores associados às enfermidades detectadas.

## 5.2.6 Qualidade da água de cisternas com incorporação de desvios

Nas cisternas SJC4 e PB4 foram instalados sistemas de desvio das primeiras águas de chuva seguindo o princípio do fecho hídrico (DFH- SJC4) e o princípio dos vasos comunicantes (DVC-PB4) (Figura 61). Os desvios ficaram prontos no início de janeiro de 2009, apesar das chuvas da região se intensificarem a partir do mês de março. Durante os meses de janeiro e fevereiro iniciaram as primeiras chuvas que são importantes para limpar a maior parte da sujeira da área de captação.



**Figura 61.** Sistema de desvio automático das primeiras águas. a) DFH-SJC4; b) DVC-PB4

A Tabela 9 apresenta a eficiência observada na remoção das concentrações de alguns indicadores de qualidade da água após a construção dos desvios das primeiras águas de chuva.

**Tabela 9.** Caracterização da qualidade física, química e microbiológica da água de duas cisternas (SJC4 e PB4), antes e depois da instalação de desvios automáticos das primeiras águas de chuva e eficiência dos mesmos.

Indicadores	SJC4 - (DFH)			PB4 - (DVC)		
	Antes do DFH (1)	Depois do DFH(1)	Redução média (%)	Antes do DVC(1)	Depois do DVC(1)	Redução média (%)
pH	8,74	8,60	<b>1,6</b>	7,74	8,05	<b>NR</b>
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	66,30	33,70	<b>49,2</b>	58,60	45,70	<b>22,0</b>
Dureza total (mg/CaCO <sub>3</sub> /L)	76,90	69,90	<b>9,1</b>	115,60	104,90	<b>9,3</b>
Turbidez (uT)	1,38	1,28	<b>7,2</b>	3,00	1,52	<b>49,3</b>
Cor aparente (uH)	6,31	6,94	<b>NR</b>	8,30	9,84	<b>NR</b>
SDT (mg/L)	161,53	158,44	<b>1,9</b>	232,40	221,70	<b>4,6</b>
Condutividade elétrica (uS/cm)	191,72	129,41	<b>32,5</b>	357,68	309,6	<b>13,4</b>
Salinidade (mg/L)	89,4	67,9	<b>24,0</b>	177,5	159,5	<b>10,1</b>

Cloretos (mg/L)	23,40	9,60	<b>59,0</b>	67,00	40,95	<b>38,9</b>
Coliformes totais (NMP/100mL)	1064,00	1520,00	<b>NR</b>	1700,00	1682,00	<b>1,1</b>
<i>E.coli</i> (NMP/100mL)	17,00	234,00	<b>NR</b>	145,00	409,00	<b>NR</b>
Bactérias heterotróficas totais (UFC/mL)	1470,00	1743,00	<b>NR</b>	5661,00	4031,00	<b>28,8</b>

Legenda: (1) valores médios ; NR: Não houve redução

Os dados apresentados na tabela 9, evidenciam que o sistema DFH causou remoção de maior variedade de indicadores e, em geral, com eficiências mais elevadas. Destacam-se as reduções de alcalinidade, turbidez, dureza total, condutividade elétrica, salinidade e cloretos. Dessa forma, essas eficiências podem ser superiores ao considerar que em dezembro 2008 as duas cisternas estavam com água acumulada correspondente a mais de 50% do seu volume: SJC4 com 9,12 m<sup>3</sup> e PB4 com 9,33 m<sup>3</sup>. PB4 recebeu água de carro pipa nesse mês. A água acumulada dificulta a avaliação da real eficiência do desvio porque a água de chuva captada e armazenada nas cisternas após sua construção se misturou com a água já existente.

É importante ressaltar para todos os indicadores físicos e químicos, que os valores médios estavam abaixo dos VMP da Portaria 518/04-MS, mesma naquela cisterna que recebeu água de carro pipa. Já os indicadores microbiológicos apresentaram-se em desacordo com a citada Portaria. A redução da contaminação da água foi nula com o DFH e muito baixa ou nula com o DVC.

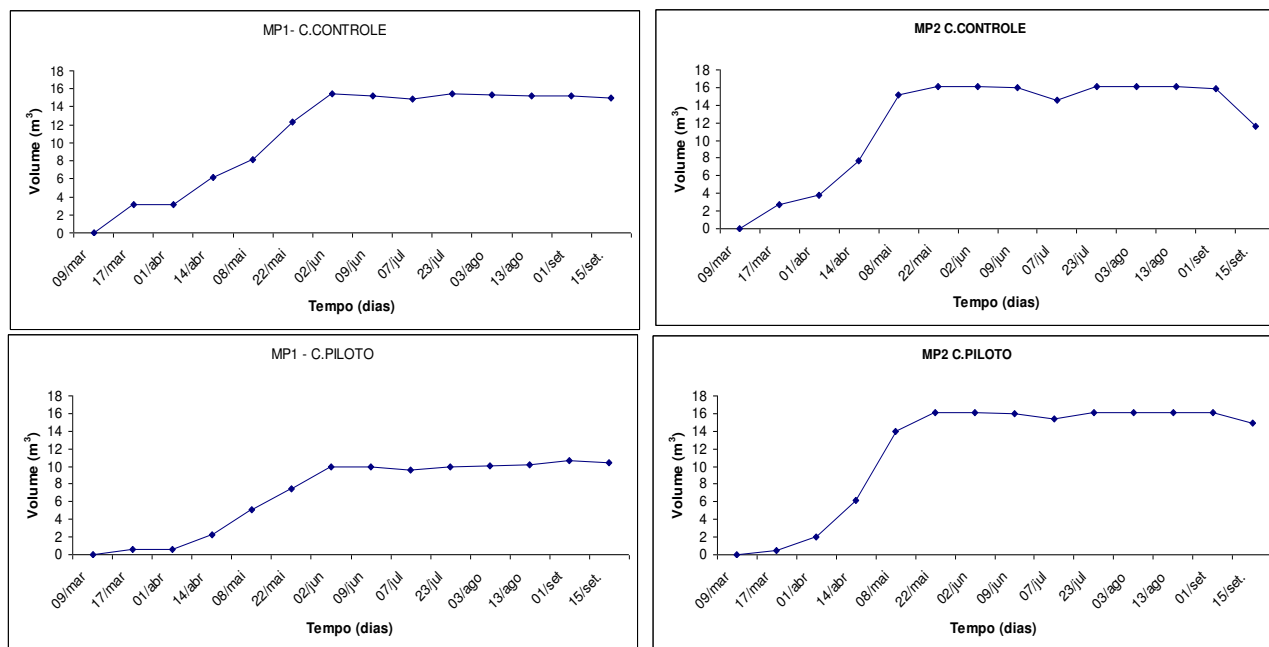
Os sistemas de desvios foram instalados nas residências e entregues para os próprios moradores realizarem o manejo, após a realização de orientações os moradores para adaptação dessa nova tecnologia. Dentre as recomendações foi destacada a importância de esvaziar o desvio depois de cada evento chuvoso. Foi também recomendado que essa água fosse utilizada para usos menos nobres, como irrigação. No entanto, nas visitas de campo, em diversas oportunidades foi observado que os moradores não emponderaram a prática de esvaziar o desvio após as chuvas.

## 5.3 Modelos pilotos

### 5.3.1 Monitoramento do volume de água armazenado nos modelos pilotos

Após o processo de limpeza dos modelos pilotos, as cisternas ficaram prontas para receber as primeiras águas da chuva. Foi monitorado o volume armazenado a cada quinze dias, a partir 09 de março até 15 de setembro de 2009. Todas as cisternas armazenam apenas água de chuvas. A cisterna piloto MP1 não recebeu água até sua capacidade máxima, de 16 m<sup>3</sup>, devido a uma forte

ventania que danificou as calhas e tubulações, passando, 20 dias (entre março e abril) sem receber águas da chuva. As demais, no início de junho já encontravam-se com a sua capacidade máxima de armazenamento. Esse volume foi mantido até o mês de setembro, principalmente nas cisternas do MP2, que abastecem a escola. A Figura 62 apresenta a evolução do volume da água acumulada nos modelos pilotos.



**Figura 62.** Variação do volume de água acumulado nas cisternas dos modelos pilotos (Cisternas Pilotos e Controles) ao longo do tempo (mar/09 – set/09).

### 5.3.2 Qualidade física e química da água armazenada nos modelos pilotos

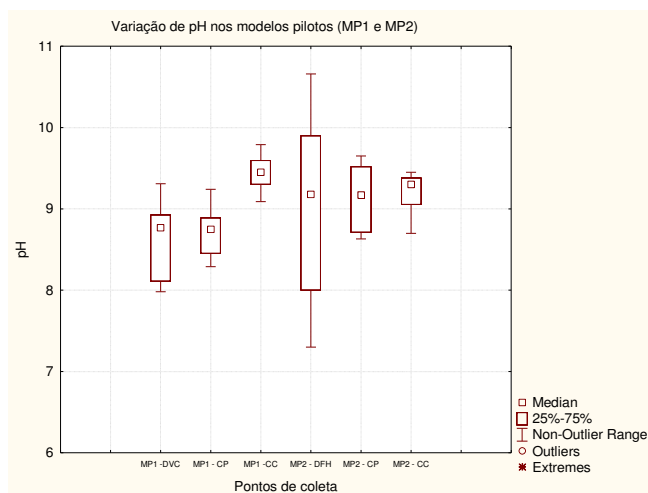
Para fins de estudo, foi feita uma representação gráfica de box plot para observar a eficiência do desvio dos vasos comunicantes (DVC) e do desvio de fecho hídrico (DFH) na retenção da “sujeira” do primeiro milímetro de água escoada por cada metro quadrado de telhado.

Os valores de pH, em sua maioria, foram elevados e acima de 9,0. Em MP1 foram observados valores mais elevados na cisterna controle, com média de 9,4 enquanto foi de 8,7 na cisterna piloto. Apenas 3 valores de pH na cisterna controle MP1 estavam acima do VMP da Portaria 518-MS. Em MP2 o pH foi idêntico nas duas cisternas (9,1 e 9,2), ambos no limite do prescrito legalmente para água potável. Em MP2 houve grande variação dos dados em relação à mediana. Não foi observada redução do pH desde os desvios para as cisternas pilotos, confirmando



que o pH elevado da cisterna advêm principalmente dos sais liberadas do material de construção. Não houve diferenças significativas entre todos os valores.

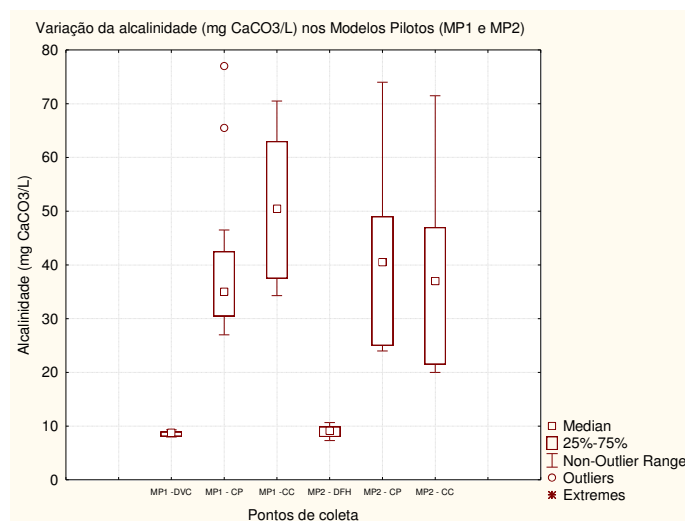
A Figura 63 compara o pH da água armazenada nos desvios, nas cisternas pilotos e nas cisternas controle dos dois modelos pilotos.



**Figura 63.** Variação de pH nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

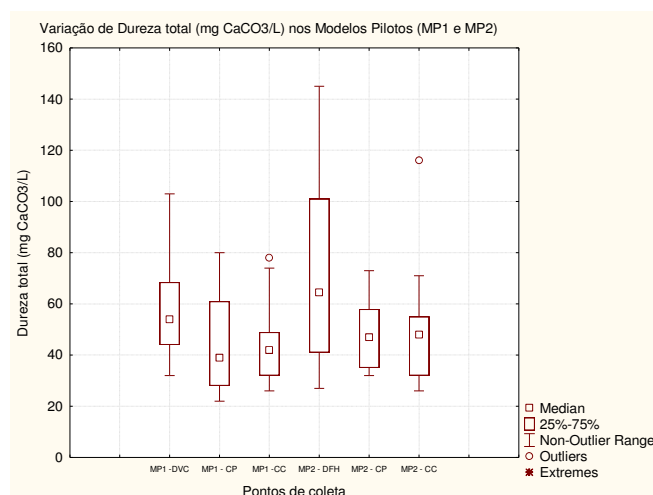
Para a alcalinidade, os valores encontrados foram baixos, devido principalmente por armazenar água exclusiva das chuvas. Na Figura 64 observa-se que os dados de alcalinidade nas cisternas controles e pilotos tiveram variações com valores mais elevados quando comparados aos desvios, devido principalmente ao tempo de retenção: a água nos desvios passa no máximo 48h armazenada antes de ser coletada.

Segundo Lye (1992), água da chuva com característica levemente ácida em contato com a superfície de cimento pode provocar a sua dissolução, removendo carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e elevando alcalinidade e dureza. Como os valores de pH da água de chuva armazenada nas caixas dos dois desvios e nas cisternas ficaram entre 8,3 e 10,6, é possível que o pH e a alcalinidade dessas águas tenham a influência de íons de carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) liberados do cimento.



**Figura 64.** Variação de alcalinidade nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

Os valores de dureza total da água em todas as amostras apresentaram-se inferiores ao máximo estabelecido pela Portaria no 518/04-MS (500 mg/L). As cisternas pilotos com barreiras sanitárias apresentaram valores de dureza levemente inferiores ao das cisternas controles. No MP1 a cisterna piloto teve valor médio de 43 mgCaCO<sub>3</sub>/L e 45 mgCaCO<sub>3</sub>/L na controle. No MP2 também houve semelhanças, com 47 mg CaCO<sub>3</sub>/L na cisterna piloto e 48 mg CaCO<sub>3</sub>/L na controle. O desvio DVC promoveu redução média de 26% de dureza na cisterna piloto e o DFH foi além, com uma redução de 35% (Figura 65).

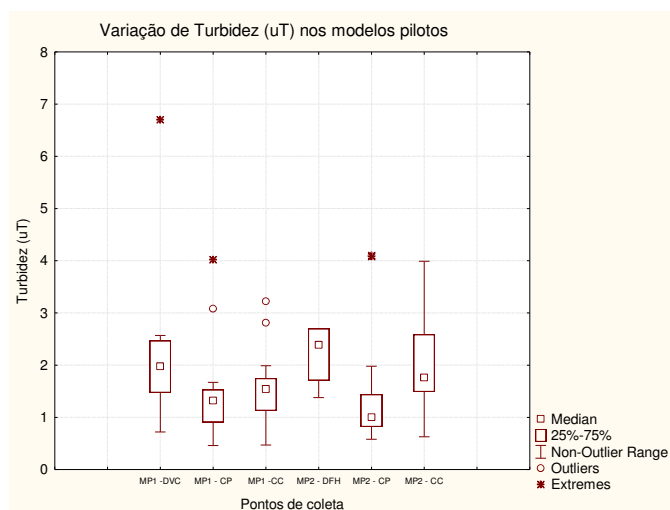


**Figura 65.** Variação de dureza total nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), não existem evidências de que a dureza da água cause efeitos deletérios à saúde humana, ao contrário, a dureza elevada pode proteger contra doenças. Por exemplo, as doenças cardiovasculares evidenciam relação inversa com a dureza da água potável. No entanto, os dados disponíveis são insuficientes para comprovar qualquer associação.

A água para consumo humano é importante como fonte nutricional. As concentrações de minerais devem estar em quantidade suficiente para ajudar a suprir as necessidades diárias do ser humano. A dureza é constituída principalmente por carbonatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio, e esses metais desempenham papéis importantes na estrutura óssea, na contração muscular, na transmissão de impulsos nervosos e na coagulação do sangue (WHO, 2009).

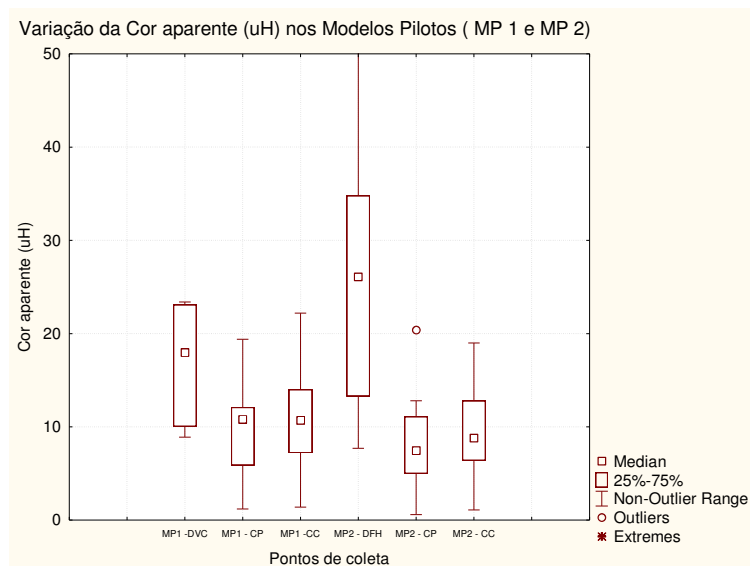
A turbidez é importante por ser um indicador sanitário. Indica a concentração de partículas em suspensão na água que podem proteger os microorganismos da desinfecção, e pode permitir o crescimento bacteriano (WHO, 2006). O valor máximo de turbidez permitido para água de consumo humano é de 5,0 uT. Em todas as cisternas dos modelos pilotos a turbidez foi levemente inferior a esse valor (Figura 66). Nas cisternas com barreiras sanitárias os valores foram inferiores aos das cisternas controles. O aumento do volume de água armazenada nas cisternas ao longo do período das chuvas ocasionou redução da turbidez com valores inferiores a 1uT nas quatro cisternas. A eficiência dos desvios automáticos das primeiras águas de chuva na redução de turbidez foi elevada, com a redução média para a cisterna piloto de 38% para DVC e de 58% para DFH, confirmando a função do desvio como importante barreira sanitária.



**Figura 66.** Variação de turbidez nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

A cor aparente na água é devido à presença de substâncias dissolvidas em suspensão. A cor aparente tem relação com a turbidez da água. A Portaria 518/04-MS determina como VMP 15 uH. Em média, os valores obtidos na água das cisternas dos modelos pilotos foram baixos e inferiores aos estabelecidos pela Portaria. Do total de amostras analisadas nas cisternas dos modelos pilotos (52 amostras) em apenas 8 (15%) os valores extrapolaram o VMP, sendo 2 cisternas pilotos e 2 cisternas controles. Nos desvios, os valores apresentaram uma maior dispersão dos dados (Figura

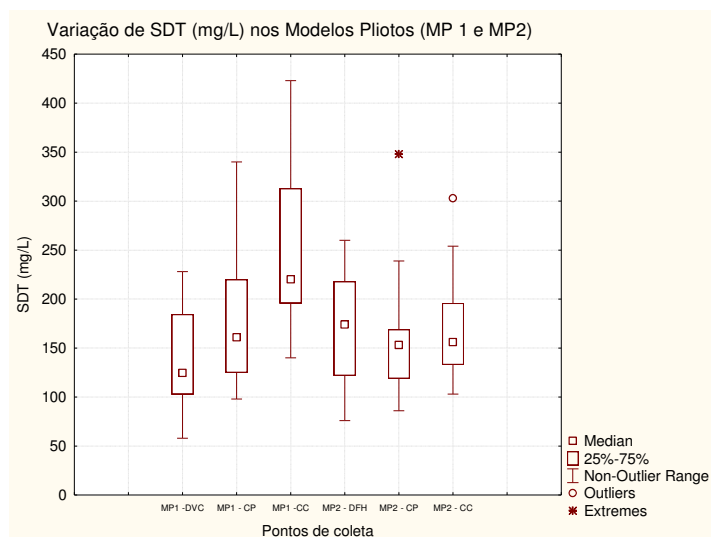
67), com redução média nas cisternas pilotos na ordem de 52% no DVC e 72% DFH. Dados semelhantes da eficiência dos desvios foram encontrados para o parâmetro turbidez.



**Figura 67.** Variação de cor aparente nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

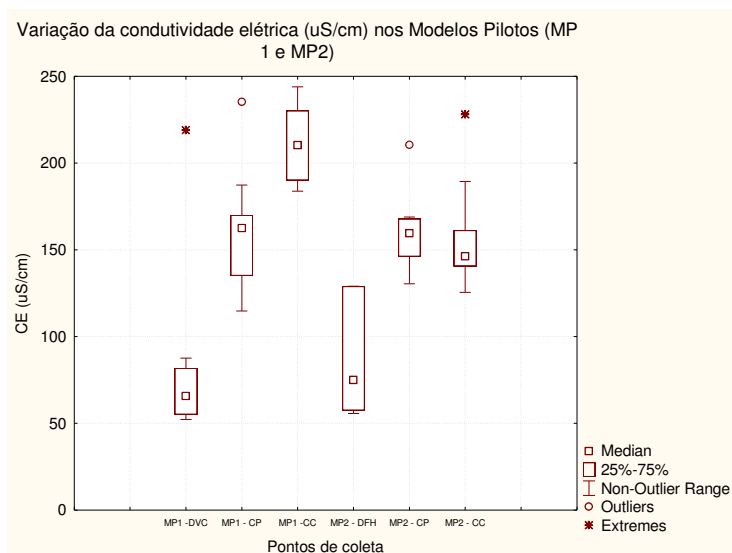
Segundo a UNICEF (2008) a água tratada com SDT inferior a 600 mg/L é de boa qualidade para consumo enquanto valores superiores a 1000 mg/L a tornam inadequada para esse fim. Todos os valores de SDT foram inferiores a 500 mg/L nas cisternas pilotos e controles.

As cisternas com as devidas barreiras sanitárias (cisternas pilotos) apresentaram valores médios menores que as cisternas controles (Figura 68). Entretanto, os valores médios dos desvios não apresentaram redução significativa para as cisternas pilotos. Esse fato pode ser esclarecido pela liberação de sais inorgânicos da parede interna das cisternas.



**Figura 68.** Variação de SDT nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

Íons dissolvidos na água são responsáveis pelo aumento da condutividade elétrica. No box plot da Figura 69, observa-se que em MP1 a cisterna piloto apresentou valores bem inferiores ao da cisterna controle, entretanto no MP2 não houve diferenças de valores. Observa-se que os íons liberados do material de construção da cisterna são mais relevantes nos valores de condutividade que os íons arrastados do sistema de captação, que na sua maioria ficam retidos nos desvios, como observados anteriormente para os íons de cálcio e magnésio que constituem a dureza e que são retidos em boa parte nos desvios.



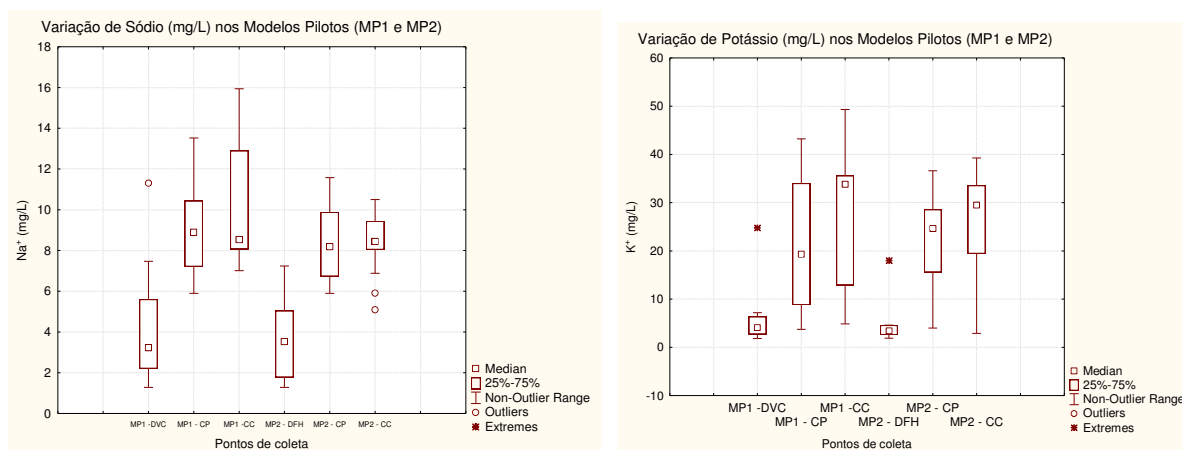
**Figura 69.** Variação de condutividade elétrica nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

As análises dos íons de sódio e potássio confirmam os resultados de condutividade elétrica: a concentração desses íons foi mais elevada nas cisternas pilotos quando comparada aos desvios.

As concentrações de sódio e potássio encontradas nas cisternas podem ter origem principalmente de íons liberados da estrutura interna da cisterna, especialmente do cimento e em pequena parte de íons acumulados no sistema de captação.

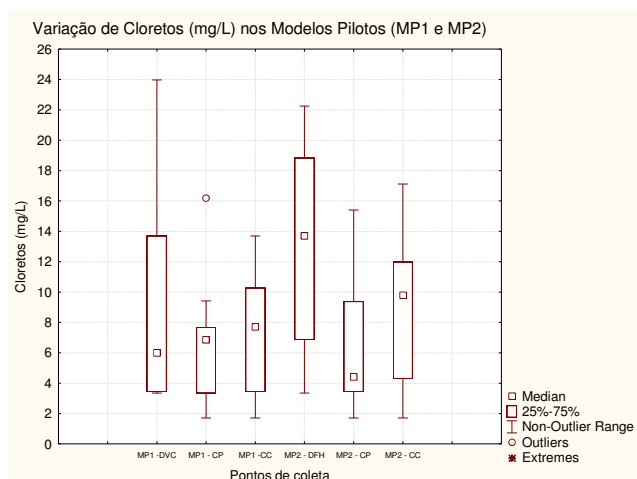
A Figura 70 mostra que os valores de sódio e potássio da água coletada nos desvios são inferiores aos das cisternas pilotos, mas quando se compara as águas das cisternas com a devidas barreiras sanitárias (cisternas pilotos) com as águas das cisternas controles, observam-se valores menores nas cisternas pilotos, comprovando assim, que essa diferença advém de íons presentes na área de captação e retidos, em grande parte, nos desvios das primeiras águas de chuva.

De acordo com a Portaria 518/2004, o VMP para sódio é de 200 mg/L. Os valores encontrado nas quatro cisternas dos modelos pilotos foram extremamente baixos em todas as amostras de água.



**Figura 70.** Variação de sódio e potássio nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

O valor máximo permitido para cloretos em água de consumo é de 250 mg/L segundo a Portaria 518/04-MS. Geralmente, as concentrações da água de chuva armazenada em cisterna são inferiores. No estudo dos modelos pilotos, em todas as amostras de água, o VMP não foi excedido. Nos dois sistemas, os desvios foram eficientes na redução de cloretos nas cisternas pilotos. Teve maior eficiência DFH, com redução de 51%, enquanto DVC causou redução de 30%. Como observado na Figura 71, os valores de cloretos foram mais baixos nas águas das cisternas pilotos quando comparadas com as águas das cisternas controle.



**Figura 71.** Variação de cloretos nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

Os indicadores adicionais determinados na denominada “série longa” foram analisados nos meses de março e junho de 2009 e os resultados são apresentados na Tabela 10. Dentre os metais pesados, apenas alumínio teve valores superiores ao VMP da Portaria 518/04-MS (0,2 mg/L). Todas as cisternas, pilotos e controles, tiveram amostras com alumínio em concentrações superiores ao VMP.

A Portaria 518/04-MS não estabelece VMP para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Já a Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de águas, considera este parâmetro. O resultado do mês de março para cisterna controle (MP1) apresentou valores de DBO<sub>5</sub> de 4,0 mgO<sub>2</sub>/L e seria classificada na Classe 2, que corresponde a água destinado ao consumo humano após tratamento convencional e que permite valores máximo de DBO até 5,0 mgO<sub>2</sub>/L. Os demais resultados poderiam classificar essas águas na classe 01, destinada ao consumo humano após tratamento simplificado, e que permite valores de DBO até 3,0 mgO<sub>2</sub>/L.

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) não tem valores de referência na Portaria 518/04-MS nem na Resolução CONAMA 357/05 que dispõe sobre a classificação dos corpos de águas. Os resultados de DQO variaram nas cisternas pilotos de mínimo de 24 mgO<sub>2</sub>/L para máximo de 112 mgO<sub>2</sub>/L. Para as cisternas controles o valor mínimo e máximo variou de 19 e 106 mgO<sub>2</sub>/L, respectivamente.

**Tabela 10.** Resultados dos indicadores de série longa nos modelos pilotos.

Indicadores	VMP	Modelo Piloto 01				Modelo Piloto 02			
	Portaria	C. Controle		C. Piloto		C. Controle		C. Piloto	
	518/04-MS	Março	Junho	Março	Junho	Março	Junho	Março	Junho
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	-	106	66	112	24	19	24	62	90
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	-	4,0	1,0	2,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0
Alumínio (mg/L)	0,2	0,31	0,27	0,41	0,19	0,25	0,47	0,19	0,42
Chumbo (mg/L)	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ferro Total (mg/L)	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Magnésio (mg/L)	-	<0,08	<0,8	<0,08	<0,8	<0,8	<0,8	1,05	<0,8
Manganês Total (mg/L)	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zinco (mg/L)	5,0	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02

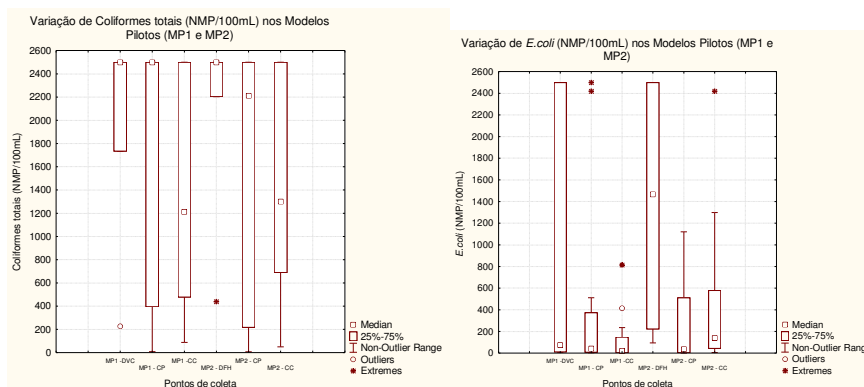
### 5.3.3 Qualidade microbiológica da água armazenada nos modelos pilotos

Na análise microbiológica, para a água armazenada no desvio, alguns resultados podem não representar a real retenção de bactérias, pois o período de retenção da chuva até o momento da coleta pode ter ultrapassado o tempo de 24 horas, podendo assim alterar a concentração de microorganismos ali presente.

Todas as amostras apresentaram coliformes totais e *Escherichia coli* e, portanto, estavam em desconformidade com a Portaria 518/04-MS, que estabelece ausência de ambos em 100 mL. Apenas em duas amostras da cisterna controle de MP1 houve ausência de *E.coli*. Os desvios agiram como barreiras sanitárias reduzindo coliformes nas cisternas pilotos. Essa redução foi de 24% para coliformes totais no DFH, entre o desvio e a cisterna piloto e de 16% para DVC (Figura 72).

Para *E.coli*, DFH causou redução de 80% desde o desvio para a cisterna piloto e DVC foi responsável por uma redução de 50% em média. Essas reduções podem ser maiores já que a contaminação por coliformes na água da cisterna pode ter também outra origem relacionada com o manejo incorreto pelos usuários pela introdução de baldes e latas. Destaca-se que os valores de coliformes totais em ambas as cisternas foram da ordem de 1.000 NMP/100mL, o qual é elevado para água de beber. Os valores de *E.coli* ficaram entre 200 e 400 NMP/100mL, também elevados.

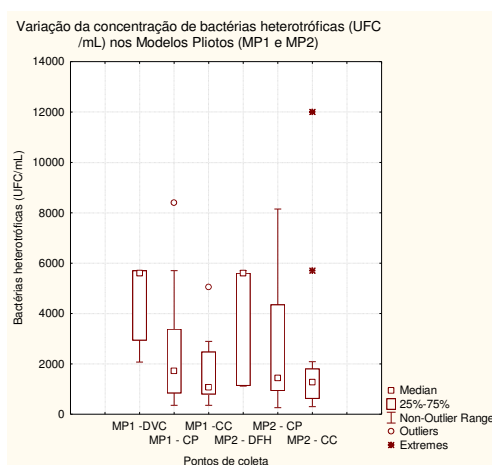




**Figura 72.** Variação das concentrações de coliformes totais e *E.coli* nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

Os sistemas de desvios também foram importantes na retenção de bactérias heterotróficas totais. Verifica-se na Figura 73 que nos desvios houve maior dispersão de bactérias heterotróficas totais, com redução média no desvio para a cisterna piloto de 46% em DVC e de 38% em DFH. Contudo, os valores médios foram superiores aos VMP da Portaria 518/04, de 500 UFC/mL. Do total de amostras, apenas 6 tiveram valores inferiores ao máximo permitido.

Para bactérias heterotróficas totais foi encontrada maior densidade nas cisternas pilotos quando comparadas com as cisternas controles, entretanto, o ponto de tomada para coleta também pode ser determinante para os resultados das amostras. Na cisterna piloto, o ponto de tomada da água fica a 20 cm do fundo da cisterna, onde estão acumuladas partículas, na sua maioria matéria orgânica. Já na cisterna controle, o ponto de coleta é na superfície.



**Figura 73.** Variação das concentrações de bactérias heterotróficas totais nas águas nos sistemas dos modelos pilotos.

Os resultados microbiológicos evidenciam que, embora os desvios eliminem bactérias, esse processo não é suficiente para a água alcançar qualidade sanitária apropriada para consumo humano, sendo importante e necessária a desinfecção no ponto final, na residência, antes de beber.

Seguindo as conclusões anteriores, observa-se que a redução real pode ser maior do que a encontrada com as médias dos resultados, a concentração de bactérias nas cisternas não provem apenas da atmosfera e área de captação como também pode vir do manejo inadequado.

#### 5.4 Avaliação do sistema de desvio das primeiras águas de chuva

O experimento consistiu em analisar a qualidade da água nos seguintes pontos: antes de escoar pelo telhado, após escoar pelo telhado e após o desvio automático das primeiras águas de chuva.

Os indicadores físicos e químicos da água utilizada no experimento estavam de acordo com os VMP para água potável segundo a Portaria 518/04-MS, já os indicadores microbiológicos apresentaram valores de 216 NMP/100ml para coliformes totais e 2 NMP/100ml para *E.coli* (Tabela 11). Para os objetivos do experimento estes valores são aceitáveis.

**Tabela 11.** Qualidade da água usada no experimento de chuva artificial no teste do desvio das primeiras águas de chuva no modelo piloto MP2.

Indicadores	Água de alimentação	VMP Portaria 518/04
Coliformes totais (NMP/100mL)	216	Ausência
<i>E.coli</i> (NMP/100mL)	2	Ausência
Turbidez (uT)	0,5	5,0
Cor aparente (uH)	2,45	15
Condutividade elétrica (uS/cm)	138,9	-
Dureza (mg CaCA <sub>3</sub> /L)	24	500
Alcalinidade (mg CaCA <sub>3</sub> /L)	26	-
Cloretos (mg/L)	0,86	250

Na observação visual foi detectado que a primeira água coletada (tempo zero) imediatamente após o desvio ficar cheio, ou seja, a primeira água que entraria na cisterna, apresentou turbidez elevada (70,20 uT) detectou a presença de animais, como uma lagartixa (Figura 74). Entretanto, a cada 15 segundos de chuva a turbidez foi diminuindo significativamente,

alcançando valores de até 4,74 uT após 5 minutos de escoamento, quando o desvio ficou cheio (tempo 20).



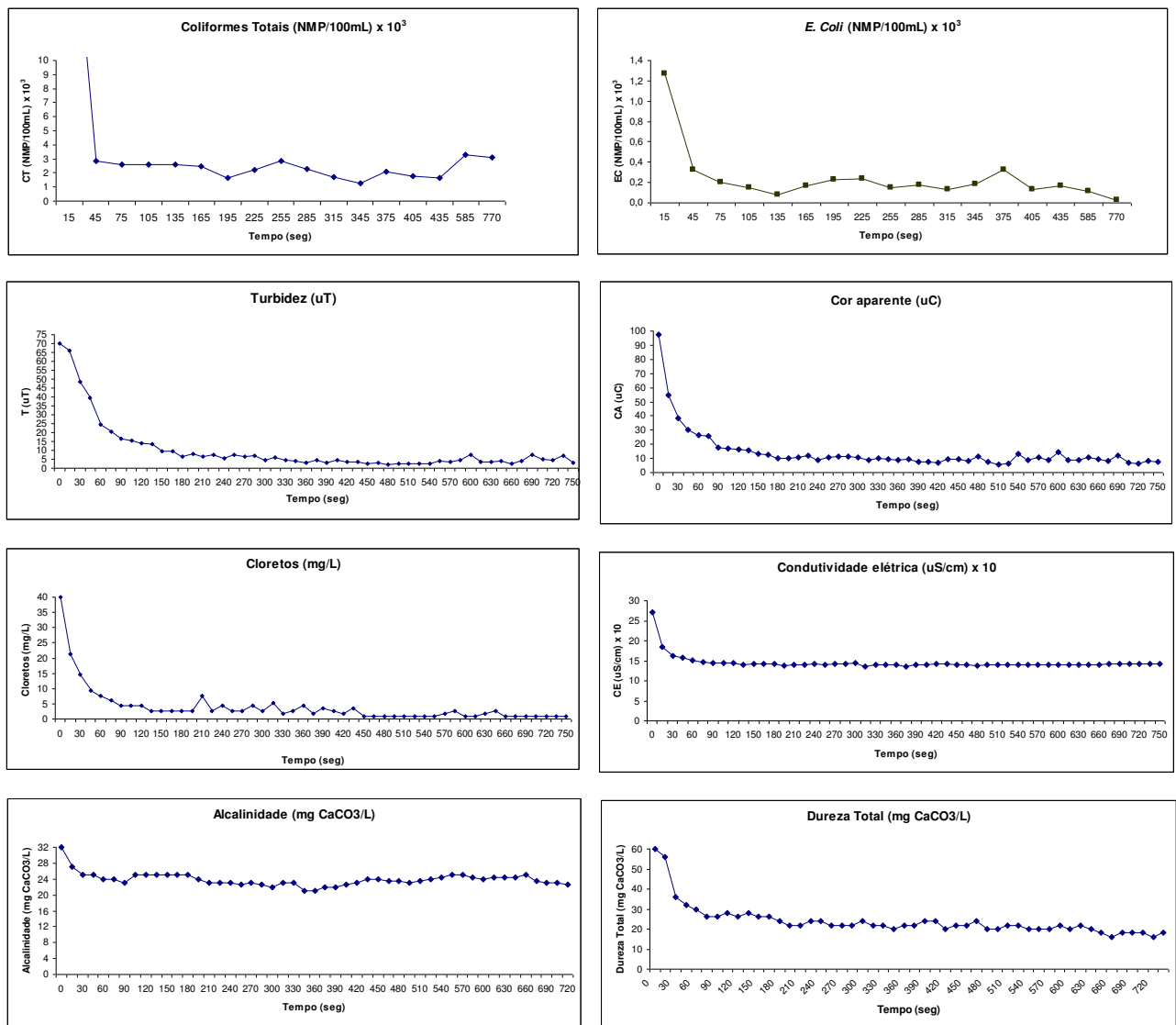
**Figura 74.** Aspecto visual da primeira água (tempo zero) coletada no experimento de chuva artificial.

Observa-se redução significativa das densidades de coliformes totais entre o tempo 1 e o tempo 3 (redução de 88% para coliformes totais e 74% para *E.coli*) (Figura 75). A partir desse tempo, equivalente a um escoamento de 0,5 mm de chuva. As densidades de coliformes permaneceram com pequenas variações até a última coleta, tempo total de 770 seg e uma chuva de 8,5 mm, após o desvio do primeiro milímetro. Destaca-se que, mesmo com uma redução significativa total de 95% para coliformes totais e 98% *E.coli*, as densidades dos coliformes remanescentes foram aproximadamente 10 vezes mais elevadas nos últimos segundos de chuva que as densidades na água de alimentação ou da chuva artificial.

Turbidez e cor aparente comportaram-se de forma semelhante, entre o tempo zero e o tempo 3, ou seja, num intervalo de 45 seg que equivale a 0,5 mm de chuva depois do desvio, obteve-se reduções de 44 e 69% para turbidez e cor aparente, respectivamente, e, depois, os dois indicadores ficaram constante com pequenas oscilações a partir de 180 seg de escoamento após o desvio para ambos.

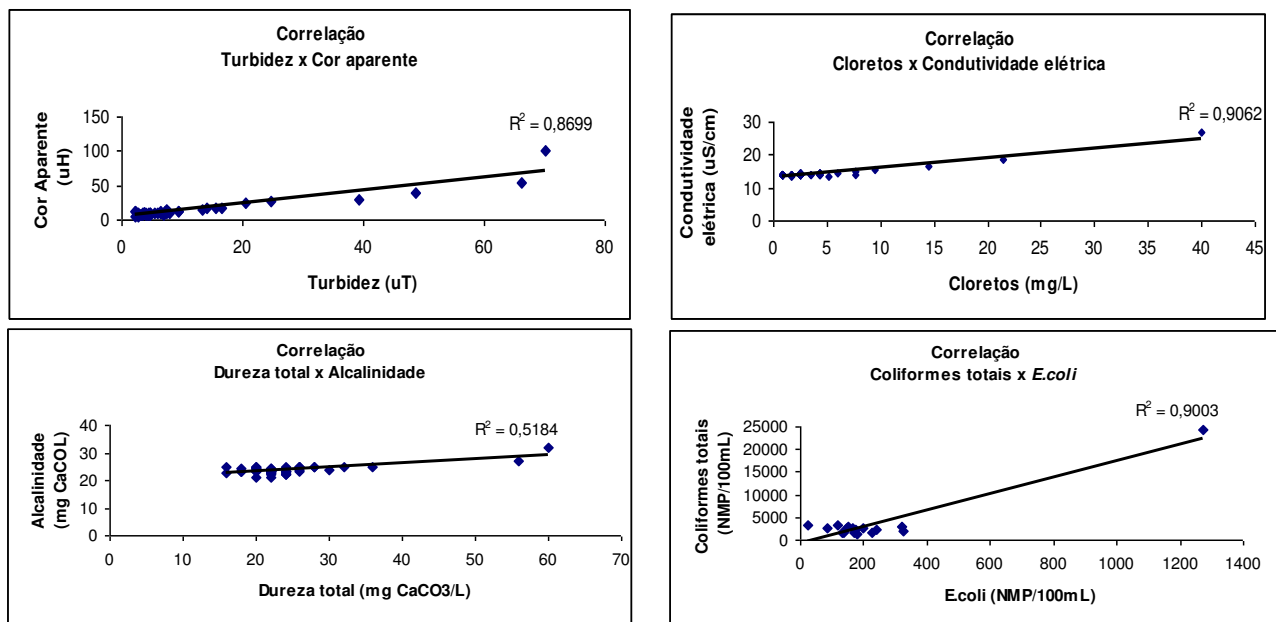
Condutividade elétrica, cloretos e dureza apresentaram reduções na ordem de 41, 76 e 46% respectivamente, nos primeiros 0,5 mm de chuva. Os valores para esses indicadores mantiveram-se constantes com pequenas variações após 45 segundos do início do escoamento. Cloreto teve valor menor que 1mg/L nos últimos segundos de chuva.

Os valores de dureza total e alcalinidade seguiram o comportamento observado com as outras variáveis com decréscimo brusco após 45 segundos de escoamento depois do desvio e seguido de valores com leves oscilações. As porcentagens totais de remoção foram de 46% e 21%, respectivamente. O pH de todas as amostras em média foi de 9,0.



**Figura 75.** Decaimento de indicadores de qualidade ao longo do experimento de chuva controlada em cisterna piloto

Na Figura 76 observam-se os gráficos de correlação. A cor aparente é influenciada por matérias sólidas em suspensão que caracteriza a turbidez. Observa-se correlação de 87% entre turbidez e cor aparente nas amostras analisadas. Para cloretos e condutividade elétrica, houve correlação de 90% para esses indicadores, dados iguais a correlação de coliformes totais e *E.coli*, já para alcalinidade e dureza total, observa-se correlação menor, de 51%.



**Figura 76.** Gráficos de correlação (Cor aparente x Turbidez; Cloretos x Condutividade Elétrica; Dureza total x Alcalinidade e Coliformes totais x *E.coli*)

Conclui-se que, no experimento simulado, os indicadores analisados caíram bruscamente e ficaram praticamente constantes após 45 segundos de escoamento da água no tubo, tempo esse equivalente a aproximadamente 0,5 mm de chuva após a eliminação, no desvio, do primeiro milímetro de água por metro quadrado de telhado. Esses resultados sugerem que: 1) possivelmente o desvio deveria acumular maior volume de água para uma melhor lavagem do telhado, 2) parte da água que esco não entra no desvio devido à velocidade e à turbulência na descida pela tubulação, 3) ficou alguma sujeira na tubulação, 4) uma combinação de todas elas.

## 6.0 CONCLUSÕES

A água da chuva apresentou excelente qualidade e todos os indicadores físicos e químicos tiveram valores inferiores ao VMP da Portaria N° 518/2004-MS. Já coliformes totais e *E.coli* estavam em concentrações um pouco acima do recomendado, que pode ter origem em poeiras suspensas no ar e arrastadas pela chuva. As águas armazenadas nas cisternas apresentaram qualidade bastante inferior à água da chuva.

A contaminação observada se associa com condições deficientes de manejo e estruturais. Todas as cisternas que receberam água de carro pipa apresentaram pior qualidade do que as que receberam somente água de chuva. Naquelas que armazenavam apenas águas da chuva, o volume de água acumulada foi suficiente para satisfazer as necessidades básicas (beber, cozinhar e higiene pessoal). O sistema com pequena área de captação (menor que 30 m<sup>2</sup>) não acumulou água de chuva suficiente para encher a cisterna, sendo necessário recorrer ao auxílio de carro pipa.

Na maioria das cisternas monitoradas sistematicamente as variáveis físicas e químicas da água atenderam aos critérios de potabilidade da Portaria N° 518/2004-MS, no entanto, os indicadores microbiológicos estiveram acima dos valores recomendados pela citada Portaria. Foram encontrados ovos e cistos de parasitos em 75% das águas armazenadas, com destaque para os protozoários *Giárdia sp* e *Entamoeba coli* e os helmintos *Thichuris sp* e *Ascaris sp*. As cisternas que recebem apenas água da chuva apresentaram contaminação microbiana mais baixa.

Dessas cisternas, aquelas com incorporação de desvios das primeiras águas, tiveram melhoria da qualidade, com destaque para a diminuição de alcalinidade, dureza, turbidez, SDT, condutividade elétrica, salinidade e cloretos. O sistema DFH apresentou maior eficiência.

Nas cisternas dos modelos pilotos todos os indicadores físicos e químicos mantiveram-se abaixo do determinado pela Portaria N° 518/2004-MS e mais elevada contaminação microbiológica, semelhante ao observado na cisterna monitorada sistematicamente.

No geral, os desvios das primeiras águas de chuva foram eficientes e as cisternas pilotos apresentaram valores médios inferiores aos encontrados nas cisternas controles. Destacam-se os desvios como uma importante barreira sanitária física na remoção de *E.coli*, com uma redução da concentração média do desvio para a cisterna piloto na ordem de 80% para o modelo piloto com o desvio de principio do fecho hídrico e 50% para o modelo piloto com o desvio com principio dos vasos comunicantes.

Sob condições controladas de estudo com os modelos pilotos foi verificada acentuada melhoria na qualidade da água após 45 segundos de escoamento da água na tubulação, tempo esse equivalente a aproximadamente 0,5 mm de chuva após a eliminação, no desvio, do primeiro

milímetro de água escoado sobre telhado. Esses resultados sugerem que: 1) o desvio deveria acumular maior volume de água para melhor lavagem do telhado, por exemplo, 1,5 mm, 2) parte da água que escoar não entra no desvio devido à velocidade e à turbulência na sua descida pela tubulação, 3) presença sujeira na tubulação, 4) uma combinação de todas elas.

A água da chuva nas áreas rurais do semiárido brasileiro é de excelente qualidade e a adoção de múltiplas barreiras sanitárias ao longo do sistema de captação e armazenamento em cisternas, que se iniciam com a higiene da área de captação (telhados) e termina com a desinfecção da água antes de seu consumo para eliminar eventual contaminação microbiana, são fundamentais para fornecer água segura para o consumo humano

## 7.0 REFERÊNCIAS

ABBOTT, S.; CAUGHLEY, B.; DOUWES, J. **The microbiological quality of roof-collected rainwater of private dwellings in New Zealand**. 13th International Conference on Rainwater Catchment Systems. 2007.

ABÍLIO, L. O. **Estratégias de educação ambiental para promoção do manejo sustentável dos sistemas de captação de água de chuva em comunidades rurais do Cariri-PB**. Dissertação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527, Aproveitamento de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2007.

ALVES, C. R.; ASSIS, O. B. G. **Caracterização estrutural e da eficiência de filtragem de velas cerâmicas porosas modificadas**. EMBRAPA. Comunicado Técnico N° 31. 1999.

AMORIM, M C.; PORTO, E R. **Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina**. In: 3º Simpósio Brasileiro De Captação De Água De Chuva No Semi-Árido, 2001. Pernambuco – PE. Pernambuco: ABCMAC, 2001.

ANDRADE NETO, C. O.; **Proteção sanitária das águas de cisternas rurais**. In: 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Petrolina- PE. 2003.

ANDRADE NETO, C. O.; **Proteção sanitária das cisternas rurais**. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11.,2004. Natal-RN. Anais...Natal: ABES/APESB/APRH, 2004.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória – ES**. Dissertação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal Do Espírito Santo. 2005.

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



ARIYANANDA, T.; MAWATHA, L. E. **Comparative review of drinking water quality from different rain water harvesting systems in Sri Lanka** . 9th International Rainwater Catchment Systems Conference "Rainwater Catchment: An Answer to the Water Scarcity of the Next Millennium" Petrolina, Brazil - July 1999.

ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO (ASA). **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido:um milhão de cisternas rurais-P1MC**. Disponível na internet <http://www.asabrasil.org.br>. Capturado Online em 10 de dezembro 2008.

BELLINGIERI, J. C. **Água de beber: a filtração domestica e difusão do filtro de água em São Paulo**. Anais do museu paulista. No 12, vol 12. São Paulo. 2004.

BLACKBURN, D. M.; BUSTAMANTE, Y.; JALFIM, F.; VIANA, A. A.; JUNIOR, M. F.; LIMA, M. **Avaliação de potabilidade da água na região de atuação da Diaconia no semi-árido nordestino**. 1º edição, Diaconia, Recife, 2005.

BOULOMYTIS, V. T. G. **Estudo da qualidade da água de chuva captada em telhado residencial na área urbana para fins de irrigação de alface**. 6º Simpósio Brasileiro de Captação E Manejo De Águas De Chuva. Belo Horizonte, 2007.

BRASIL. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Ministério da Integração Nacional. 2005.

BRASIL. **Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água**. Ministério da Saúde. 2006.

BRASIL. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Ministério da Saúde. Disponível em <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso Online em 30 de Janeiro. 2009.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357/05**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível online em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em dezembro de 2009.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; GNADLINGER, J.; XENOFONTE, G. H. S. **Análise da qualidade das águas de cisternas em cinco municípios do semi-árido brasileiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 3.; SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABA, 2005.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; SILVA, M. S. L. da; HERMES, L. C.; MARTINS, S. S. **Avaliação das características físico-química e bacteriológicas das águas de cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE.** In: simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva, Teresina, PI, 2005.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. S.; PORTO, E. R. **Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos** in Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Embrapa Semi-Árido Petrolina-PE, 2007

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. S.; PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; LEITE, W. M. **Cisternas Domiciliares: água para consumo humano** in Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Embrapa Semi-Árido Petrolina-PE, 2007

CARDOSO, M. P. **Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas: estado de caso do município de Belo Horizonte - MG.** Dissertação em Saneamento. Universidade federal de Minas Gerais. 2009.

CARITAS BRASILEIRA. **Manual de cisternas de placas.** Disponível em [www.cliquesemiario.org.br/mc/manualcisternas13.pdf](http://www.cliquesemiario.org.br/mc/manualcisternas13.pdf). Acessado em 15 de fevereiro de 2009.

CEBALLOS, B. S. O.; DANIEL L. A.; BASTOS, R. K. X. **Tratamento de água para consumo humano: panorama mundial e ações do Prosab** in Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. PROSAB 5, 2009.

CEPFS. **Principais Tecnologias Sociais Sustentáveis Desenvolvidas Na Área Experimental Do Cepfs.** Disponível online em <http://cepfs.blogspot.com/2008/11/principais-tecnologias-sociais.html>. acesso em nov. 2009.

CETESB. **Análises microbiológicas da água.** (Cursos e Treinamentos) São Paulo, 2004.

CIMERMAN, B.; CIMERMAN, S. **Parasitologia humana e seus fundamentos gerais**. Ed. Atheneu, São Paulo, 1999.

CUNHA, G. R.; DALMAGO, G. A. **Informações sobre pH de águas de chuva, em Passo Fundo,RS**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 325-329, 2000.

CURITIBA. **Lei nº. 10.785, de 18 de setembro de 2003**. Disponível em: <http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/MeioAmbiente/legislacoes/Lei%2010785%20de%202003.pdf> . Acesso em Nov. 2009.

D'ALVA, O. A.; FARIAS, L. O. P. **Programa cisternas: um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização. cadernos de estudos: desenvolvimento social em debate**. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Número 7. Brasília 2008.

DYER, R. **Promotion of rainwater catchment in Southern Africa**. 9th International Rainwater Catchment System Conference June. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Captação e conservação de água de chuva para o consumo humano, cisternas rurais, dimensionamento, construção e manejo**. Circular técnico. 1884.

FRANCI, R, G. **Uso racional da água em edificações**. PROSAB 4, 2006.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA., L. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Cad. Saúde Pública v.17 n.3 Rio de Janeiro maio/jun. 2001.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE (FUNASA). **Manual de saneamento**. 3º edição revisada, Brasília, 2006.

GALIZONI, F. M.; RIBEIRO, E. M. **Notas sobre água e chuva: o programa um milhão de cisterna no semi-árido mineiro**. XIV Encontro Nacional De Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu MG, 20- 24 de Setembro de 2004.

GHISI, E.; GUGEL, C. **Instalações prediais de águas pluviais**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

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

GNADLINGER, J.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. DE L. **Programa uma terra e duas águas para um Semi-Árido sustentável** in Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Embrapa Semi-Árido Petrolina-PE, 2007.

GNADLINGER, J.; **Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semi-árido brasileiro**. 6º Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Águas De Chuva. Belo Horizonte, 2007.

GNADLINGER, J. **Tailândia para o semi-árido brasileiro: lições de um projeto de captação de água de chuva em larga escala**. 7º Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Águas De Chuva. Caruaru, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível na internet. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica>. Capturado Online em 07. dez. 2009.

JALFIM, F. T; JÚNIOR, M. F.; BUSTAMANTE, Y. R.; FERNANDES, A. C.; RIBEIRO, O. O.; NETO, L. M.; NETO, E. J; PAIVA I. O.; BLACKBURN, D. M.; LIMA, M. O. D. S.; ÁVILA, J. I. S. L. **Cisterna de placas “calçadão”:** uma alternativa para a captação e armazenamento da água de chuva de escoamento no nível do solo. 4º Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Águas De Chuva. Petrolina - PE, 2003.

JAQUES, R.C. **Qualidade da água de chuva no Município de Florianópolis. A potencialidade para o aproveitamento em edificações**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

KATO, M. T.; PERAZZO, G. M.; FLORÊNCIO, L.; SANTOS, S. G. **Qualidade de água de cisternas utilizada para fins de consumo humano no município de Poço Redondo –SE**. Anais do III Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública, FUNASA, 2006.

KRISHNA, H. J. Development Of Alternative Water Resources In The Usa: **Progress With Rainwater Harvesting**. International Rainwater Catchment Systems Association. 2007.

KRUG, N. **Each life, some rain must fall. why not bottle it?** New York Times - January 8, 2004.

KURUKULASURIYA, M. **Effective application of first flush device to improve rainwater quality**. 9th International Rainwater Catchment Systems Conference "Rainwater Catchment: An Answer to the Water Scarcity of the Next Millennium" Petrolina, Brazil - July 1999.

KÜSTER, A.; MARTÍ, J. F.; NOGUEIRA, L. A. H.; TONIOLO, E. R.; CAMPELLO, F. B.; JULIO PAUPITZ, J.; JÖRGDIETER ANHALT, J. **Tecnologias apropriadas para terras secas - manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste do Brasil** - Fundação Konrad Adenauer e Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 2006. Disponível online em [www.sustentavel.inf.br/anexos/publicacao/tec\\_ter\\_sec\\_miolo.pdf](http://www.sustentavel.inf.br/anexos/publicacao/tec_ter_sec_miolo.pdf).

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Ed. Átomo. 2º Ed. 2008.

LISBOA, M. B.; ANDRADE, M; LISBOA, H. M. **Cisterna de placas de ardósia armadas**. 7º Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Águas De Chuva. Caruaru, 2009.

LOPEZ, D. F. S.; PEREIRA, E. B.; TOREJANI, F. A.; DIAS, G. L.; AMANTHEA, N. **Tratamento localizado de águas pluviais**. Trabalho de conclusão de curso Eng. Civil. Universidade Estadual de Londrina. 2006.

LYE, D.J. **Bacterial levels in cistern water systems of northern Kentucky**. Water Resources Bulletin, v. 27, n. 6, dez. 1987.

LYE, D.J. **Microbiology of rainwater cistern systems: a review**. Journal of Environmental Science and Health, v. A27, n. 8, p. 2123-2166, 1992.

MACÊDO, J. A. B. **águas & águas**. Livraria Varela, São Paulo, 2001.

MAIER, M. L.; TAKINI, M. MIYAMARU, L. L. **Alguns aspectos da composição da água da chuva**. Acta Limmol. Brasil. Vol IV. 1992.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR, A. **Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente** in Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Ed. Manole, 2005.

MATIAS, J. A. B. **Cisterna de placas pré-moldadas**. 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi Árido. Petrolina – PE. 2001.

MEIRA FILHO, A. S.; NASCIMENTO, J. W.; PAES, B. P.; LIMA, V. L. A. **Telhados para captação de água de chuva no semi-árido**. 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Teresina – 2005.

MEIRA, C. M. B. S.; OLIVEIRA, R.; COURA, M. A.; GALDINO, F. A. G.; GOMES, T. N. **Monitoração de indicadores sentinelas para a vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande**. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife-PE. 2009.

MELLO, V. P. **Historia do Saneamento de Pernambuco**. Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), 1991.

MELO, L. R. C. **Variação da qualidade da água da chuva no inicio da precipitação**. Dissertação em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande Do Norte. 2007.

MOU, H.; WANG, H.; KUNG, H. **Division study of rainwater utilization in China**. 9th International Rainwater Catchment System Conference June. 1999.

NEVES, D. P. **Parasitologia humana**. 11º edição, Ed. Atheneu, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, C. M. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no Município do Rio de Janeiro**. Dissertação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007

OPS/CEPIS. **Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano**. Lima, 2002.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Água e Saúde**. Publicado em 2001 e disponível na internet <http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua.PDF>. Acessado em 14 de fevereiro de 2009.

PALMEIRA, G. **Avaliação da ação construção de cisternas para armazenamento de água**. Tribunal de Contas da União (TCU). 2006.

PHILIPPI JR, A.; MARTINS. G. **Águas de abastecimento** in Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Ed. Manole, 2005.

PINHEIRO, A.; VALLE, J. A. B.; TORDO, O. C.; MINATTI, C. **Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

PLAZINSKA, A. **Microbiological quality of rainwater in selected indigenous communities in central australia**. 10th International Conference on Rainwater Catchment Systems "Rainwater International 2001" Mannheim, Germany - September 2001

QIANG, Z.; YUANHONG, L. **A sustainable way for integrated rural development in the Mountainous area in China**. 7o Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Águas De Chuva. Caruaru, 2009.

RESENDE, S. C.; HELLER, L. **Saneamento no Brasil: Políticas e interfaces**. Ed. UFMG. 2002.

RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004**. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/smac/up\\_arq/DECRETO%2023940drenagem.doc](http://www.rio.rj.gov.br/smac/up_arq/DECRETO%2023940drenagem.doc). Acesso em out. 2009.

RIO DE JANEIRO. **Lei Nº 4248, de 16 de dezembro de 2003.** Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/legislacao>. Acesso em dez. 2009

RODRIGUES, H. K.; SANTOS, A. L.; BARCELOS, H. P.; PÁDUA, V. L.; **Dispositivo automático de descarte da primeira água de chuva.** 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Belo Horizonte – 2007.

REY, L. **Bases da Parasitologia Médica.** 2º edição, Ed. Guanabara Koogan S.A, Rio de Janeiro, 2002.

SANTOS, M. J; BOMFIM, E. O; ARAÚJO, L. E.; SILVA, B. B. **Captação de águas de chuva: modelo conceitual e tecnológico do programa um milhão de cisternas rurais - P1MC.** IX SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. Salvador – 2008.

SÃO PAULO. **Lei nº. 13.276, de 04 de janeiro de 2002.** Disponível em: [http://ww2.prefeitura.sp.gov.br//secretarias/habitacao/plantas\\_online/legislacao/leis/leis](http://ww2.prefeitura.sp.gov.br//secretarias/habitacao/plantas_online/legislacao/leis/leis). Acesso em 20 set. 2009.

SÃO PAULO. **Lei 12.526/2007, de 02 de janeiro de 2007.** Disponível em: <HTTP://www.al.sp.gov.br/legislacao>. Acesso em 20 set. 2009.

SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L; PARKIN, G.F. **Chemistry forenvironmental engineering,** 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1994.

SCHÜRING, K.; SCHWIENSTEK, S. **Quality of rainwater for domestic purposes harvested in different catchment systems within the semi-arid region of northeast Brazil Project Report.** Convenio Universidade de Ciências Aplicadas de Breme, Alemanha e Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.2005.

SICKERMANN, J. M. **Contribuição na mesa redonda sobre captação da chuva nas cidades.** 6o Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Águas De Chuva. Belo Horizonte - MG, 2007.



SILVA, C. V. **Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenado em cisternas de placa. Estudo de caso: Araçuaí, MG.** Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2006.

SOUZA, S. H. B.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ORLANDO, R.; NÓBREGA, R. L. B.; **Instalação de modelos piloto para captação de águas de chuva no semi-árido pernambucano.** IX Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste. Salvador – 2008.

TANK TOWN. **Rainwater.** Disponível online em <https://rainwatercollection.com>. 2009.

TAVARES, A. C. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semi-árido paraibano.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2009.

TEIXEIRA, J. C.; HELLER, L. **Fatores ambientais associados às helmintoses intestinais em áreas de assentamento subnormal, juiz de fora, MG.** Revista Eng. sanit. Ambiental. Vol. 9 - Nº 4 - out/dez 2004.

TOMAZ, P. **Água de chuva.** Navegar Editora. São Paulo. 2003.

TRESMONDI, A. C. C. L.; TOMAZ, E; KRUSCHE, A. V. **Avaliação de pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínia-SP.** Eng. ambiental. - Espírito Santo do Pinhal. v. 2, n. 1, p. 070-084, jan/dez 2005

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Examples of Rainwater Harvesting and Utilisation Around the World.** London. 2009. Disponível online em <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp>.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). **Unicef Handbook On Water Quality.** New York, 2008.

VARA. C. **Tank Town content to keep rainwater local, personal.** Oak Hill Gazette. 1995.

VILLIERS, M. **Água**. Ed. Ediouro, 2002.

XAVIER, R. P. **Ocorrência de contaminação por bactérias e por protozoários patogênicos intestinais em águas de consumo humano nas comunidades rurais do município de Tuparetama - PE**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Biomedicina) - Universidade Federal de Pernambuco. 2006.

XAVIER, R. P.; VITAL, E. A. C.; PEREIRA, L. S.; IRMÃO, J. I.; ROCHA, F. J. S.; CALAZANS, G. M. T. **Pesquisa de coliformes e parasitos em água de cisternas nas comunidades rurais do município de Tuparetama - PE**. IX Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste. Salvador – 2008.

World Health Organization (WHO). **Hardness in Drinking-water**. 2nd ed. Vol. 2. Geneva. 2006.

World Health Organization (WHO). **Calcium and Magnesium in Drinking-water**. 2009.

ZANCUL, M. S. **Água e saúde**. Revista Eletrônica de Ciências, nº 32, São Carlos, abril 2006.

3P TECHNIK. **Soluções para o Manejo Sustentável das Águas Pluviais**. Disponível online em <http://www.agua-de-chuva.com/brazil/index.php>, 2009.