



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

JUSSARA CLARISSA ALVES DE LIMA OLIVEIRA

**Análise Qualitativa de Poluentes na Água de Chuva em Diferentes
Cenários no Semiárido Pernambucano: Zona Urbana, Zona Rural e
Área Industrial**

Caruaru
2016

JUSSARA CLARISSA ALVES DE LIMA OLIVEIRA

**Análise Qualitativa de Poluentes na Água de Chuva em Diferentes
Cenários no Semiárido Pernambucano: Zona Urbana, Zona Rural e
Área Industrial**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientadora: Prof.^a Dra.^a Sylvana Melo dos Santos

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Sávila Gavazza dos Santos Pessôa

Caruaru - 2016

Catálogo na fonte:

Bibliotecária – Paula Silva – CRB/4-1223

O48a Oliveira, Jussara Clarissa Alves de Lima.
Análise qualitativa de poluentes na água de chuva em diferentes cenários no semiárido pernambucano: zona urbana, zona rural e área industrial. / Jussara Clarissa Alves de Lima Oliveira. – 2016.
111f.;il.: 30 cm.

Orientadora: Sylvana Melo dos Santos.
Coorientadora: Sália Gavazza dos Santos Pessoa.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2016.
Inclui Referências.

1. Desvio de águas (Brasil, Nordeste). 2. Água – Qualidade (Brasil, Nordeste). 3. Chuvas (Brasil, Nordeste). 4. Abastecimento de água (Brasil, Nordeste). 5. Água – Poluição (Brasil, Nordeste). 6. Abastecimento de água na indústria (Brasil, Nordeste). I. Santos, Sylvana Melo dos (Orientadora). II. Pessoa, Sália Gavazza dos Santos (Coorientadora). III. Título.

620 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2016-422)

JUSSARA CLARISSA ALVES DE LIMA OLIVEIRA

**Análise Qualitativa de Poluentes na Água de Chuva em Diferentes
Cenários no Semiárido Pernambucano: Zona Urbana, Zona Rural e
Área Industrial**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Aprovada em: 29 de agosto de 2016.

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Sália Gavazza dos Santos Pessôa
Universidade Federal de Pernambuco (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Erika Pinto Marinho
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof.^a Dr.^a Luiza Feitosa Cordeiro de Souza
Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico (ASCES)

Aos meus pais, Maria Clarice de Lima Oliveira e
Edivaldo Alves de Oliveira (*in memoriam*),
Aos meus irmãos, Juliano Jefter de Lima Oliveira e
Guilherme Henrique Alves de Lima Oliveira,
Aos meus avós, Maria Mariquinha e José Fidélis
E ao meu pequeno sobrinho Diogo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida, saúde, coragem e proteção.

Às minhas orientadoras, professoras Sylvana Santos e Sávvia Gavazza, pela paciência, disponibilidade, competência e pelo exemplo de profissionais no qual me espelho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pós-graduação no nível de Mestrado Acadêmico.

À Thomas Silva, em especial, pela ajuda indispensável nos ajustes finais deste trabalho.

À minha parceira de trabalho Thais Bruno, pelos ensinamentos e apoio nos momentos difíceis, à Luttemberg Ferreira e Alice D' Albuquerque por me acompanharem nos primeiros contatos com o trabalho e à Thais Santos e Alanna pelo apoio imprescindível na escolha dos pontos de coleta em Belo Jardim, bem como na instalação dos dispositivos e coleta das amostras.

À equipe do Laboratório de Engenharia Ambiental de Caruaru.

À Luis Lucena pela ajuda indispensável nos trabalhos de campo e coletas, e Alessandra pelo apoio nas atividades que desenvolvi.

Aos meus colegas de turma, Martina Cezano, Manuella Figueiras e Devson Paulo, pela companhia e ajuda nas disciplinas e trabalhos.

Aos meus professores das disciplinas do mestrado, que contribuíram para o meu crescimento e aquisição de conhecimento.

À minha família por contribuírem para a formação da minha personalidade, índole e caráter.

RESUMO

A região semiárida se estende por uma ampla área do Nordeste brasileiro e está submetida a condições de semiaridez, como irregularidade climática e baixa pluviosidade. A captação e o armazenamento da água de chuva, principalmente no período de estiagem, é umas das principais práticas difundidas no semiárido para sobrevivência da população que habita esta região. Este trabalho visa analisar a composição físico-química e microbiológica das águas de chuva considerando diferentes cenários (zona urbana, zona rural e área industrial) no agreste pernambucano, utilizando o DESVIUFPE para separar o primeiro milímetro de chuva, armazenado no desvio, dos demais milímetros, descritos como **após desvio**. Merece destaque o parâmetro chumbo, encontrado na área industrial de Belo Jardim, ultrapassando, em níveis elevados, a norma de potabilidade em todas as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio**. Os componentes presentes na atmosfera podem influenciar a qualidade da água da chuva, principalmente em áreas urbanas e industriais. No entanto, o desvio das primeiras águas de chuva pode contribuir para a diminuição dos parâmetros que deterioram a qualidade da água. A contaminação da superfície de captação pode conter impurezas, influenciando a qualidade da água. O desvio do primeiro milímetro de água de chuva foi importante na melhora da qualidade das águas, no que se refere à maioria dos parâmetros analisados e em todas as regiões estudadas. Entretanto, o desvio de apenas 1 mm de chuva mostrou-se pouco eficiente em relação a alguns parâmetros (pH, turbidez e condutividade), principalmente em áreas com grande tráfego na zona urbana, sendo necessário o descarte de mais milímetros na região para obter uma água de maior qualidade. O tamanho do dispositivo também influenciou na qualidade da água, observando-se a necessidade de instalação de um dispositivo que armazenasse maior quantidade de precipitação, evitando assim que os contaminantes fossem revolvidos no interior do dispositivo e ultrapassassem para a parte exterior. Observou-se a necessidade de estudos para verificar a quantidade adequada de milímetros a serem descartados na zona urbana e industrial para melhoria de alguns parâmetros de qualidade da água de chuva.

Palavras-chave: Dispositivo de desvio. Qualidade da água de chuva. Semiárido. Zona urbana, rural e área industrial.

ABSTRACT

The semi-arid region extends over a wide area of northeastern Brazil and is subject to conditions semiaridez as climate irregularity and low rainfall. The capture and storage of rainwater, especially in the dry season, is one of the main practices widespread in semiarid for survival of the population inhabiting this region. This work aims to analyze the physical-chemical and microbiological of rainwater considering different scenarios (urban, rural and industrial area) in rural Pernambuco, using the DESVIUFPE to separate the first millimeter of rain, stored in the shift, the other mm , as described later. Noteworthy lead parameter, found in the industrial area of Belo Jardim, overtaking at high levels, the standard for drinking water in all samples the OFFSET and AFTER. The components present in the atmosphere can influence the rain water quality, especially in urban and industrial areas. However, the deviation of the first rain water can contribute to the reduction of the parameters that deteriorate the quality of water. Contamination of catchment surface may contain impurities, influencing water quality. The deviation of the first millimeter of rain water has been important in the improvement of water quality, with regard to the majority of parameters and all regions studied. However, the deviation of only 1 mm of rain proved to be inefficient in relation to some parameters (pH, turbidity and conductivity), especially in areas with heavy traffic in the urban area, more millimeters discard is needed in the region for a higher quality water. The device size will also influence the quality of the water, observing the need to install a device that stores greater amount of precipitation, thus avoiding the contaminants to be revolved within the device exceeded and to the outside. We observed the need for studies to verify the proper amount of mm to be disposed in urban and industrial area for improvement of some rain water quality parameters.

Key-words: Switching device. Rainwater quality. Semiarid. Urban, rural and industrial area.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação geográfica do semiárido brasileiro.	20
Figura 2: Esquema dos telhados piloto utilizados no referido estudo.	24
Figura 3: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas de chuva.	39
Figura 4: Tanques que compõem o sistema de boia para descarte das primeiras águas de chuva.	40
Figura 5: Cisterna com sistema de boia no momento de direcionamento da água.	41
Figura 6: Detalhe do funcionamento da cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado.	41
Figura 7: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas de chuva – DESVIUFPE identificando com setas o sentido do fluxo da água de chuva no momento que entra do dispositivo.	42
Figura 8: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas de chuva – DESVIUFPE.	42
Figura 9: Localização da cidade de Caruaru, em Pernambuco.	44
Figura 10: Localização do município de Belo Jardim- Pernambuco.	45
Figura 11: Localização dos pontos de coleta da zona urbana de Caruaru – PE.	45
Figura 12: Localização dos pontos de coleta na zona rural de Caruaru – PE.	46
Figura 13: Localização dos pontos de coleta na área industrial de Belo Jardim – PE.	46
Figura 14: Dispositivos instalados na zona urbana de Caruaru.	48
Figura 15: Localização do Ponto 1 de coleta na zona urbana de Caruaru.	48
Figura 16: Dispositivos instalados na zona rural de Caruaru.	49
Figura 17: Dispositivos instalados na área industrial de Belo	49

Jardim.

Figura 18: Dispositivo instalado no Ponto 2 da área industrial de Belo Jardim.	50
Figura 19: Dispositivo automático de coleta das primeiras águas de chuva – DESVIUFPE mostrando seu material componente.	51
Figura 20: Dispositivo instalado na área industrial de Belo Jardim.	52
Figura 21: Dispositivos instalados.	52
Figura 22: Conexão do dispositivo com a cisterna na zona rural de Caruaru.	53
Figura 23: Material entregue nas residências dos pontos de coleta da área industrial de Belo Jardim.	55
Figura 24: Diagrama <i>box-plot</i> de sólidos totais e dissolvidos.	59
Figura 25: Diagrama <i>box-plot</i> da turbidez.	61
Figura 26: Diagrama <i>box-plot</i> da cor aparente e cor real.	61
Figura 27: Diagrama <i>box-plot</i> da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).	63
Figura 28: Diagrama <i>box-plot</i> da alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$).	64
Figura 29: Diagrama <i>box-plot</i> de cloretos ($\text{mg Cl}^-/\text{L}$).	66
Figura 30: Diagrama <i>box-plot</i> de dureza ($\text{mg}/\text{L CaCO}_3$).	67
Figura 31: Diagrama <i>box-plot</i> de coliformes totais e <i>E. coli</i> .	69
Figura 32: Diagrama <i>box-plot</i> de sólidos totais e dissolvidos.	71
Figura 33: Diagrama <i>box-plot</i> da turbidez.	73
Figura 34: Diagrama <i>box-plot</i> da cor aparente e cor real.	73
Figura 35: Diagrama <i>box-plot</i> da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).	75
Figura 36: Diagrama <i>box-plot</i> da alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$).	76
Figura 37: Diagrama <i>box-plot</i> de cloretos ($\text{mg Cl}^-/\text{L}$).	78
Figura 38: Diagrama <i>box-plot</i> da dureza total ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$).	78
Figura 39: Diagrama <i>box-plot</i> de coliformes totais e <i>E. coli</i> .	80
Figura 40: Diagrama <i>box-plot</i> de sólidos totais e dissolvidos.	82

Figura 41: Diagrama <i>box-plot</i> da turbidez (UT).	84
Figura 42: Diagrama <i>box-plot</i> da cor aparente e cor real.	84
Figura 43: Diagrama <i>box-plot</i> da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).	86
Figura 44: Diagrama <i>box-plot</i> da alcalinidade total (mg CaCO_3/L).	87
Figura 45: Diagrama <i>box-plot</i> de cloretos (mg Cl^-/L).	88
Figura 46: Diagrama <i>box-plot</i> da dureza total (mg CaCO_3/L).	89
Figura 47: Diagrama <i>box-plot</i> de coliformes totais e <i>E. coli</i> .	91
Figura 48: Teores médios de Chumbo (mg/L) na zona urbana e na área industrial.	93
Figura 49: Teores médios de Ferro (mg/L) na zona urbana e na área industrial.	95
Figura 50: Teores médios de Magnésio (meq/L) na zona urbana e na área industrial.	96
Figura 51: Teores médios de Manganês (mg/L) na zona urbana e na área industrial.	98
Figura 52: Teores médios de Alumínio (mg/L) na zona urbana e na área industrial.	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características das regiões rurais, urbanas e industriais.	17
Quadro 2: Parâmetros estabelecidos na legislação e respectivos limites.	37
Quadro 3: Características dos pontos de coleta.	47
Quadro 4: Parâmetros de qualidade da água analisados conforme metodologia da APHA (2005).	56
Quadro 5: Identificação das amostras.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Datas de realização das coletas de amostras de água, ano de 2015.	54
Tabela 2: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de ST e SDT do interior do desvio em relação à cisterna – zona rural.	60
Tabela 3: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Turbidez, Cor aparente e Cor real do interior do desvio em relação à cisterna – zona rural.	62
Tabela 4: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de CE e Alcalinidade total do interior do desvio em relação à cisterna – zona rural.	65
Tabela 5: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Dureza total e Cloretos do interior do desvio em relação à cisterna – zona rural.	68
Tabela 6: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Coliformes totais e <i>E. coli</i> do interior do desvio em relação à cisterna – zona rural.	69
Tabela 7: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de ST e STD do interior do desvio em relação ao após desvio – zona urbana.	71
Tabela 8: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Turbidez, Cor aparente e Cor real do interior do desvio em relação ao após desvio – zona urbana.	74
Tabela 9: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de CE e Alcalinidade total do interior do desvio em relação ao após desvio – zona urbana.	77
Tabela 10: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Dureza total e Cloretos do interior do desvio em relação ao após desvio – zona urbana.	79
Tabela 11: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Coliformes totais e <i>E. coli</i> do interior do desvio em	81

relação ao **após desvio** – zona urbana

Tabela 12: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de ST e STD do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial.	83
Tabela 13: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Turbidez, Cor aparente e Cor real do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial.	85
Tabela 14: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de CE e Alcalinidade total do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial.	87
Tabela 15: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Dureza total e Cloretos do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial.	90
Tabela 16: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Coliformes total e <i>E. coli</i> do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial.	92
Tabela 17: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Chumbo do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial e zona urbana.	94
Tabela 18: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Ferro do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial e zona urbana.	95
Tabela 19: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Magnésio do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial e zona urbana.	97
Tabela 20: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Manganês do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial e zona urbana.	98
Tabela 21: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Alumínio do interior do desvio em relação ao após desvio – área industrial e zona urbana.	100

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVOS GERAIS	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1	O SEMIÁRIDO BRASILEIRO: FORMAÇÃO, GEOGRAFIA E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	19
3.2	ÁGUA DE CHUVA	19
3.2.1	Aproveitamento	19
3.2.2	Deposição atmosférica	21
3.2.3	Qualidade da água de chuva	22
3.3	SUPERFÍCIES DE CAPTAÇÃO	23
3.4	PARÂMETROS DE MONITORAMENTO	25
3.4.1	Parâmetros físico-químicos	25
3.4.2	Metais pesados	32
3.4.3	Parâmetros bacteriológicos	34
3.4.4	Normatizações de controle de uso da água	36
3.5	DISPOSITIVOS DE DESCARTE DOS PRIMEIROS MILÍMETROS DA ÁGUA DE CHUVA	38
4	MATERIAIS E MÉTODOS	44
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
4.2	PONTOS DE MONITORAMENTO	45
4.2.1	Localização	45
4.2.2	Detalhamento dos pontos de coleta	47
4.3	DESCRIÇÃO DO DISPOSITIVO DE COLETA – DESVIUFPE	50
4.4	COLETAS E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE ÁGUA	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1	ZONA RURAL	58
5.1.1	Sólidos Totais e Dissolvidos	58

5.1.2	Turbidez, cor aparente e cor verdadeira	60
5.1.3	Condutividade elétrica e alcalinidade	63
5.1.4	Cloretos e dureza	66
5.1.5	Coliformes Totais e <i>E. coli</i>	68
5.2	ZONA URBANA	70
5.2.1	Sólidos Totais e Dissolvidos	70
5.2.2	Turbidez, cor aparente e cor verdadeira	72
5.2.3	Condutividade elétrica e alcalinidade	75
5.2.4	Cloretos e dureza	77
5.2.5	Coliformes Totais e <i>E. coli</i>	79
5.3	ÁREA INDUSTRIAL	81
5.3.1	Sólidos Totais e Dissolvidos	81
5.3.2	Turbidez, cor aparente e cor verdadeira	83
5.3.3	Condutividade elétrica e alcalinidade	86
5.3.4	Cloretos e dureza	88
5.3.5	Coliformes Totais e <i>E. coli</i>	90
5.4	METAIS	92
5.4.1	Chumbo	93
5.4.2	Ferro	94
5.4.3	Magnésio	96
5.4.4	Manganês	97
5.4.5	Alumínio	99
6	CONCLUSÕES	101
	REFERÊNCIAS	104

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida se estende por uma ampla área do Nordeste brasileiro e está submetida às condições de semiaridez, como irregularidade climática e baixa pluviosidade. Segundo Cabral e Santos (2007), ao longo do ano ocorre um período curto de precipitações, de 3 a 4 meses, e um longo período de estiagem, de 8 a 9 meses sem a presença de chuva. As precipitações médias observadas no semiárido brasileiro variam entre 200 e 700 mm por ano, e outras regiões semiáridas do mundo apresentam precipitações ainda menores. Os autores destacam que o semiárido brasileiro possui características que devem ser levadas em consideração, como a alta densidade populacional para o clima, elevados valores de temperatura e perdas por evaporação. Neste cenário, a captação e o armazenamento da água de chuva, principalmente no período de estiagem, é umas das principais práticas difundidas para sobrevivência da população que habita esta região. Assim sendo, é comum se deparar com o uso de cisternas, que são tanques de armazenamento da água de chuva, captadas geralmente pela superfície de telhados e utilizadas principalmente para uso doméstico. Essas tecnologias para captação de água de chuva apresentam um custo relativamente baixo e podem contribuir para mitigar o problema da escassez hídrica (ANA, 2005).

Alguns estudos (ANDRADE NETO, 2004; ALVES *et al.*, 2012; PALHARES e GUIDONI, 2012; entre outros), mostram que a qualidade da água de chuva em si é normalmente muito boa, mas pode ter sua qualidade alterada em virtude da absorção de contaminantes atmosféricos. De uma forma geral, à medida que encontra a superfície terrestre também incorpora partículas contaminantes, alterando a sua qualidade, tanto em aspectos físico-químicos quanto microbiológicos. Essa contaminação pode ocorrer de forma e em níveis diferentes dependendo da região onde ocorre a precipitação, partindo do pressuposto de que a composição atmosférica de regiões urbanizadas, áreas rurais ou regiões onde há o desenvolvimento de atividades industriais, por exemplo, é diferenciada em virtude das atividades que são desempenhadas em cada uma dessas regiões.

As principais características das três zonas estudadas, rural, urbana e área industrial, estão citadas no Quadro 1.

Quadro 1: Características das regiões rurais, urbanas e industriais.

REGIÃO	CARACTERÍSTICAS
Zona Rural	Região não urbanizada localizada no campo. Local onde são produzidos grande parte dos alimentos consumidos na zona urbana. Constitui o setor primário de produção, com desenvolvimento de atividades como a agricultura, pecuária, extrativismo, e ainda turismo rural e conservação ambiental. Possui grandes áreas verdes, naturais ou cultivadas; presença de elementos naturais (rio e vegetação); e geralmente há pouca concentração de pessoas e construções (IBGE, 1997).
Zona Urbana	Região caracterizada pela edificação contínua, com infraestrutura urbana, que compreende o conjunto de serviços públicos necessários à vida da população, tais como, o abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, serviços de esgoto, sistema viário, hospitais, escolas, policiamento, locais de lazer, etc.. Cada zona urbana tem aparência própria e diferem umas das outras pelo relevo, tamanho, traçado das ruas, atividades desenvolvidas, progresso alcançado, densidade demográfica, etc. Normalmente as cidades se desenvolvem a partir de um núcleo que dá origem ao centro da cidade, de onde surgem os bairros residenciais, as áreas industriais, dentre outros (IBGE, 1997).
Área Industrial	De acordo com FIEP (2013), a zona industrial, conceitualmente, trata da área previamente reservada para fins industriais, assegurada por instrumentos jurídicos, como o Plano Diretor Municipal e a Lei de Uso do Solo, mas sem garantir uma efetiva atração das indústrias. Já a área industrial refere-se ao surgimento espontâneo de estabelecimentos industriais, resultante do crescimento natural da economia local, sem o planejamento da área.

Fonte: A Autora (2016).

Diante do exposto, face às especificidades de cada zona considerada, o aproveitamento da água de chuva coletada e armazenada está condicionado aos resultados da análise dos componentes incorporados à mesma. Além disso, o conhecimento da composição físico-química da água precipitada pode ainda contribuir para a elaboração de um diagnóstico das condições atmosféricas de diferentes regiões.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a contaminação incorporada à água de chuva em diferentes cenários (zona urbana, zona rural e área industrial) no agreste pernambucano considerando a composição físico-química e microbiológica das primeiras águas de chuva.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar a água de chuva em três localidades com características urbanas, com características rurais e com características de área industrial.
- b) Identificar a presença de metais pesados na zona urbana e na área industrial estudadas.
- c) Verificar a eficiência do dispositivo de desvio automático em reter as impurezas identificadas em cada uma das três áreas estudadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O SEMIÁRIDO BRASILEIRO: FORMAÇÃO, GEOGRAFIA E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

O Semiárido Brasileiro abrange oito estados da Região Nordeste (PiauÍ, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, adicionando o norte de Minas Gerais), com um total de 2.429 municípios distribuídos em 982.563 km². A Figura 1 apresenta a delimitação geográfica do semiárido brasileiro. A região é caracterizada pela precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial; e risco de seca maior que 60% (PEREIRA JÚNIOR, 2007).

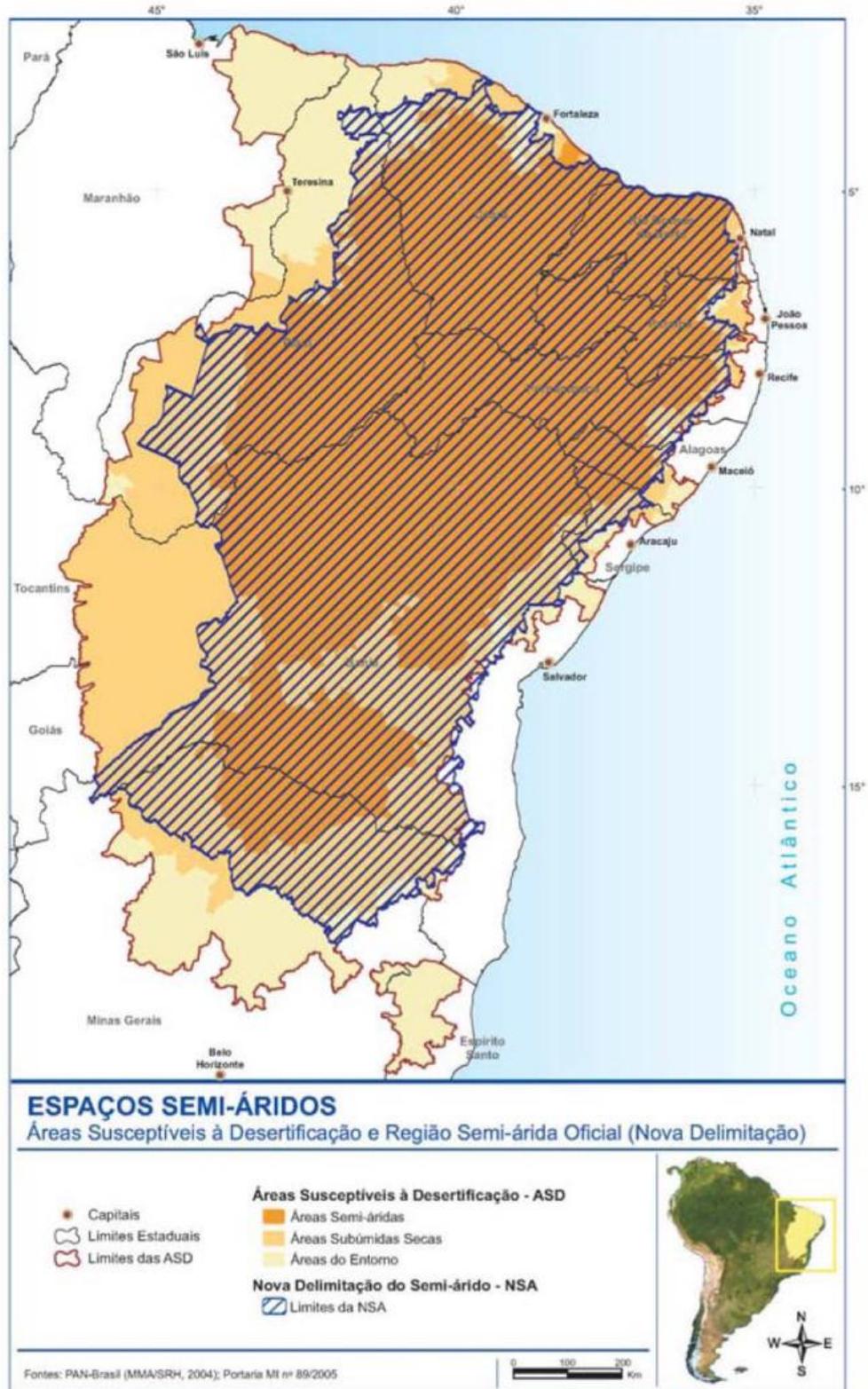
A população do semiárido brasileiro supera 21,7 milhões de pessoas (11,4% da brasileira), com densidade demográfica de 24,2 hab./km², população rural de 13,5 milhões de pessoas e taxa de urbanização de 62% (IBGE, 2010). Segundo Ab'Sáber (1999), a elevada densidade populacional para uma região semiárida coloca forte pressão sobre os recursos naturais, contribuindo para a degradação da vegetação, em grande parte Caatinga, e para o avanço do processo de desertificação, presente em quase metade do território do semiárido brasileiro. Por outro lado, embora a região apresente algumas restrições climáticas, o semiárido apresenta grande importância em termos econômicos. Em 2008, o Produto Interno Bruto Municipal (PIB-M) da região foi de aproximadamente R\$ 115 bilhões, o que equivale a 3,8% do brasileiro; e R\$ 5,4 mil de PIB per capita, enquanto no Brasil era de R\$ 15,9 mil.

3.2 ÁGUA DE CHUVA

3.2.1 Aproveitamento

A captação de água de chuva é uma atividade antiga e bastante popular. Há cerca de dois mil anos, na China, já existiam cacimbas e tanques coletores de água de chuva para armazenamento e posterior uso potável. No México, as civilizações Astecas e Maias desenvolveram suas agriculturas baseadas na captação de água de chuva, que era disponibilizada à população com o emprego de cisternas (WWF-BRASIL, 2006). De acordo com o INSA (2011), os romanos são muito conhecidos pela captação de água de chuva em larga escala, especialmente na África do Norte e na Ásia Menor. Os árabes herdaram essas tecnologias dos romanos, as quais também serviram de exemplo para espanhóis e portugueses (INSA, 2011).

Figura 1: Delimitação geográfica do semiárido brasileiro.



Fonte: BRASIL (2007).

As técnicas de aproveitamento da água da chuva geralmente são utilizadas em regiões com pluviosidade baixa ou irregular com o objetivo de armazenar água para ser utilizada nos

períodos de estiagem, inclusive para beber e cozinhar. Por outro lado, também podem ser utilizadas em regiões com alta pluviosidade como medida de prevenção de cheias.

O uso da água de chuva é uma prática utilizada ainda nos dias de hoje em diversas partes do mundo. Na Austrália, cujo clima é predominantemente semiárido, e pertence ao chamado grupo dos países desenvolvidos, cerca de 20% da população (o que corresponde a 4,0 milhões de pessoas) utilizam água de cisternas para consumo humano. Cisternas de todos os tipos e tamanhos fazem parte de sua paisagem da área rural (INSA, 2011). A empresa Tank Town, instalada no Texas, capta água de chuva para armazenamento em tanques de fibra de vidro com capacidade de 300.000 L e fornece-a engarrafada para a Europa, Tasmânia, e EUA (XAVIER, 2010).

Com a difusão de outras tecnologias (construção de grandes barragens, implantação de sistemas de abastecimento de água e aproveitamento de águas subterrâneas), a captação e o armazenamento da água de chuva pela sociedade foi diminuindo ao longo do tempo. No entanto, o aproveitamento da água de chuva está voltando a ser realidade em países desenvolvidos, nas atividades agrícolas e industriais, em pesquisas e tecnologias para o uso alternativo, além de mitigar o problema ambiental da escassez (ANNECCHINI, 2005).

A água de chuva coletada nessas localidades eventualmente é utilizada para consumo humano. A água de chuva também é utilizada para usos não potáveis, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, plantas ornamentais, irrigação de gramados, lavagem de automóveis, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água, usos industriais, dentre outros.

3.2.2 Deposição atmosférica

A água da chuva é uma combinação da composição química das gotículas formadoras das nuvens e das substâncias incorporadas às gotas de chuva durante a precipitação. Portanto, a água da chuva representa as características das massas de ar, no que se refere aos gases solúveis e às partículas por onde percorrem as gotas de chuva durante a precipitação, podendo isto ser evidenciado através da variação da composição química da chuva do decorrer do evento chuvoso (FINLAYSON-PITTS; PITTS, 2000).

As deposições atmosféricas podem influenciar os processos biogeoquímicos costeiros e continentais através da redistribuição dos elementos químicos sobre a superfície terrestre, possibilitando o conhecimento da influência antrópica nestes processos (JICKELLS, 1998).

“Estudos recentes apontam para potenciais consequências do aumento do aporte atmosférico de nitrogênio (N) em ecossistemas tropicais terrestres”, superando a demanda biológica, fazendo com que o sistema perca a capacidade de reter nitrogênio e aumente a transferência de N para os rios e águas subterrâneas. Isso fará com que haja um aumento nas

emissões de óxidos de N para atmosfera, tais como óxido nitroso (N₂O) e óxido nítrico (NO) (MATSON *et al.*, 1999 apud SOUZA, 2006).

3.2.3 Qualidade da água de chuva

As diferentes condições geográficas e ambientais (intensidade e duração da chuva, ventos, estação do ano, etc.) dos locais onde ocorre a precipitação, determinam a qualidade da água de chuva, podendo esta incorporar substâncias químicas e material particulado. Entretanto, a eliminação dos primeiros milímetros da precipitação melhora significativamente a qualidade da água. Questionamentos acerca da qualidade da água de chuva vêm surgindo devido ao crescente interesse do seu aproveitamento, e a preocupação de seu uso nos centros urbanos é ainda mais preocupante com presença evidente de poluição.

Segundo Andrade Neto (2004), a água das chuvas é geralmente de excelente qualidade, inclusive para beber, exceto em locais industrializados, com alta densidade populacional ou forte poluição atmosférica. Metais pesados, especialmente chumbo, são potencialmente perigosos em áreas com tráfego intenso ou nas proximidades de indústrias. Substâncias químicas orgânicas, como organoclorados e organofosfatados, usadas em venenos, praguicidas e herbicidas, quando em altas concentrações na atmosfera, também podem contaminar a água da chuva. Palhares e Guidoni (2012) chamam atenção para a necessidade de validação do uso de água de chuva armazenada em cisternas para a dessedentação de animais. Segundo os autores, essa validação pode promover a segurança hídrica das propriedades rurais em três dimensões: ambiental, conservando o recurso natural devido à menor extração das fontes superficiais e subterrâneas, promovendo o uso racional da água e conseqüentemente maior eficiência hídrica das produções, reduzindo a pegada hídrica das criações; social, auxiliando na manutenção do homem no campo por contribuir para a independência hídrica da propriedade e reduzir sua dependência a fontes externas, promovendo o bem estar de humanos e animais, facilitando o cumprimento da legislação ambiental; econômica, reduzindo o impacto do custo da água no custo de produção das atividades.

Fornaro (1991) explica que a incorporação de poluentes atmosféricos na água da chuva pode ocorrer por deposição seca ou deposição úmida. Na deposição úmida a chuva dissolve os gases solúveis e o arrasta junto com a água da chuva. Na deposição seca ocorre a sedimentação gravitacional e o material particulado é interceptado ou ocorre a absorção de gases pelo solo, água ou vegetação. De acordo com Sazaklia, Alexopoulos e Leotsinidis (2007), em áreas urbanas a contaminação química pode ocorrer devido às emissões do tráfego e da poluição industrial, e em áreas rurais devido ao uso agrícola de adubos e pesticidas. Além

disso, patógenos podem ter origem fecal de aves, mamíferos e répteis que têm acesso as áreas de captação ou armazenamento. De uma forma geral, em áreas rurais e em pequenas cidades os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são geralmente baixos, não atingindo concentrações capazes de comprometer a qualidade da água das chuvas significativamente, sendo normalmente a água natural disponível de melhor qualidade.

3.3 SUPERFÍCIES DE CAPTAÇÃO

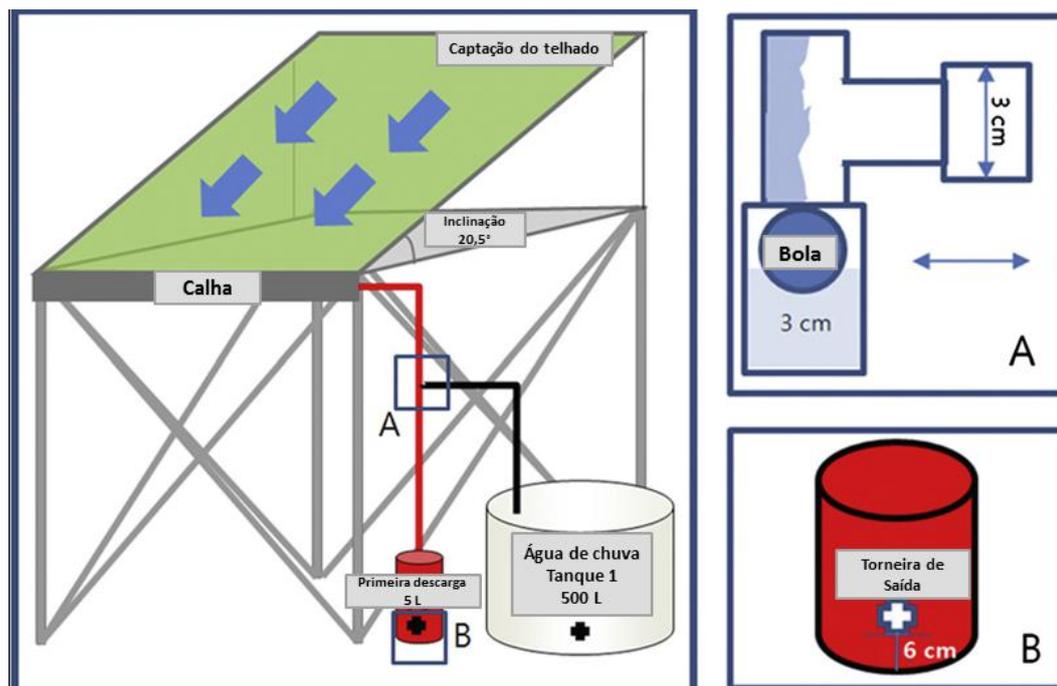
A área de captação pode conter substâncias contaminantes que são carregadas pela chuva, podendo alterar suas características. Neste contexto, dependendo das atividades desenvolvidas nas proximidades da superfície de captação, diferentes substâncias podem ser encontradas. Por exemplo, os metais pesados, principalmente o chumbo, são muito frequentes em áreas próximas a indústrias ou com tráfego intenso. Do mesmo modo, para áreas rurais, segundo Andrade Neto (2003), substâncias como organoclorados e organofosfatados são químicos orgânicos utilizados como herbicidas e, quando presente em altas concentrações, podem causar a contaminação da água da chuva.

No estudo de Jaques (2005), foram analisadas as características físico-químicas e bacteriológicas da água de chuva coletada no município de Florianópolis - SC, após passar por diferentes superfícies de captação, tais como telas de cerâmica e cimento amianto. Foram analisadas amostras da água de chuva coletadas antes do contato com as superfícies estudadas, após contato com os telhados de cerâmica e cimento amianto e no reservatório – cisterna; nos intervalos de 0, 10, 30 e 60 minutos após o início da precipitação. Foi constatada uma diminuição da concentração dos parâmetros ao longo do tempo, o que confirma a importância do descarte das primeiras águas de chuva, contribuindo para a diminuição da concentração de partículas poluidoras presentes na superfície de captação e na atmosfera. O autor aconselha a não utilização da água de chuva para fins potáveis sem prévio tratamento, visto que, os parâmetros turbidez, coliformes termotolerantes e cor apresentaram valores acima do recomendado pelo Ministério da Saúde (MS, 2004).

Lee, Bak e Han (2012) examinaram o efeito de diferentes materiais de cobertura, amplamente utilizados na Coreia do Sul, sobre a influência química e microbiológica na qualidade da água de chuva captada para uso doméstico. Foram construídos telhados piloto convencionais de telhas de madeira, telhas de concreto, telhas de barro e aço galvanizado. Os materiais do telhado foram deixados em seu estado natural para um ano antes da construção dos telhados. Os telhados foram construídos e a declividade adotada considerou o ângulo de 20,5°, com uma área de 2,55 m² (comprimento de 1,5 m, largura de 1,7 m). Na calha e nos

sistemas coletores foram empregados tubos e conectores em PVC. O diagrama esquemático da estrutura utilizada está apresentado na Figura 2, em que se pode observar o sistema para desviar a primeira água, contendo uma bola flutuante na parte superior da primeira descarga. Quando o primeiro tanque enche, o escoamento flui para o tanque de captação de água da chuva.

Figura 2: Esquema dos telhados piloto utilizados no referido estudo.



Fonte: Lee, Bak e Han (2012).

De acordo com os autores, as amostras foram coletadas a partir dos quatro telhados compostos de materiais diferentes em escala piloto, em 10 eventos pluviométricos em 2009 e 30 eventos em 2010. Cada amostra coletada foi submetida a análises químicas e microbiológicas. Lee, Bak e Han (2012) concluíram que o aço galvanizado é o mais adequado para aplicações de captação de água após a primeira descarga, com a sua qualidade biológica da água, características físicas e químicas satisfatórias frente às diretrizes da Coreia e da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a qualidade da água potável. Por outro lado, os SST (sólidos suspensos totais) e concentrações de metais nas amostras de telhado de aço galvanizado estavam em níveis mais elevados no primeiro tanque de descarga. Os três outros materiais de cobertura em estudo têm um grau relativamente mais elevado de porosidade do que o aço galvanizado, o que resulta na retenção de poluentes. Musgos e líquens foram frequentemente encontrados na telha de madeira, telha de concreto e telha de barro, tendo as

de madeira o maior grau de colonização. As concentrações de Carbono Orgânico Total, NO_3 e SO_4 nas amostras de água tirada da primeira descarga do tanque do telhado de madeira foram relativamente elevadas. No entanto, a água da chuva colhida a partir de todos os quatro tipos de telhados tornou-se aceitável para uso doméstico, após a primeira descarga.

No que se refere à análise microbiológica, os autores não detectaram indicadores fecais (coliformes totais, *E. coli* e enterococos) nas amostras de água retiradas da primeira descarga e do tanque do telhado de aço galvanizado, possivelmente porque a luz ultravioleta e as altas temperaturas atuaram como agentes de desinfecção. Os resultados de Lee, Bak e Han (2012), portanto, mostram que o tipo de material de cobertura utilizados tem alguma influência sobre a qualidade da água recolhida e problemas microbiológicos merecem uma análise cuidadosa na seleção de materiais de construção para aproveitamento de águas pluviais.

A seleção de materiais para coberturas exige uma análise cuidadosa para determinação dos efeitos desses materiais sobre a qualidade da água da chuva colhida.

3.4 PARÂMETROS DE MONITORAMENTO

3.4.1 Parâmetros físico-químicos

De acordo com a ANA (2005), o uso da água pluvial está condicionada ao seu controle de qualidade e à verificação da necessidade de tratamento específico, tendo como objetivo a prevenção de danos à saúde de seus usuários, bem como a vida útil dos sistemas envolvidos. Muitas pesquisas identificam fatores que influenciam na composição da água pluvial, tais como: localização geográfica dos pontos de amostragem, como a proximidade de oceanos, e de áreas urbanas ou rurais (TOMAZ, 2005; GONÇALVES, 2009); intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos e estação do ano (ANATOLAKI; TSITOURIDOU, 2009, LIMA, 2012); com a presença ou não de vegetação e com a carga poluidora (TOMAZ, 2005; GONÇALVES, 2009). Por outro lado, Meera e Ahammed (2006) destacam que a contaminação da água pluvial pode ocorrer em quaisquer partes constituintes do sistema de aproveitamento, reforçando a importância do estudo exaustivo de barreiras sanitárias a serem incorporadas no sistema de captação, bem como do manejo da água de chuva. Além disso, conforme destacado por Nakada e Moruzzi (2014), “é de amplo conhecimento a recomendação para se utilizar dispositivos de descarte do escoamento inicial à melhoria da qualidade da água armazenada”.

Existem várias pesquisas voltadas ao estudo da qualidade da água de chuva e dentre os parâmetros monitorados destacam-se pela sua recorrência: turbidez, pH, dureza total,

alcalinidade, sólidos totais dissolvidos (STD), cor, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica (CE).

De forma geral, a turbidez está relacionada com a presença de materiais em suspensão, que podem ser organismos microscópicos ou colóides, como silte, argila e outras partículas. O aumento na turbidez implica na dificuldade da água em permitir a passagem da luz, devido aos materiais insolúveis em suspensão, coloidais ou muito finos, que se apresentam principalmente em águas superficiais. Com isso reduz-se a possibilidade de produção primária de oxigênio. A turbidez é maior quando são considerados os primeiros instantes de chuva captados por telhados, pois estes acumulam sólidos em suspensão que são carregados nos primeiros instantes do evento chuvoso (MAY, 2008).

De acordo com a FUNASA (2009), valores altos de turbidez podem resultar na formação de flocos pesados que decantam mais rapidamente do que na água com baixa turbidez e, além disso, pode dificultar a desinfecção ao evitar o contato direto dos desinfetantes com os microrganismos. De acordo com Amorim e Porto (2011), no caso das cisternas, o monitoramento da turbidez pode ser útil para acompanhamento da qualidade das águas transportadas por carros-pipa, indicando sua possível origem.

Pesquisas desenvolvidas em Florianópolis e Vitória (áreas urbanas), por Jaques (2005), mostraram que a água captada diretamente da chuva, antes de passar pela superfície de captação, e sem exclusão do primeiro milímetro, apresentou turbidez média de 1,6 e 0,9 UNT. Em outro estudo, de acordo com Anecchini (2005), da UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, na zona urbana de Vitória, analisando o primeiro milímetro da água de chuva, após contato com a superfície de captação (telhado), a turbidez passou de 0,9 para 10,4 UNT.

Nakada e Moruzzi (2014) observaram elevado coeficiente de correlação entre período de estiagem e turbidez (0,792), também observado no estudo de Yaziz et. al. (1989), no qual foi concluído pelos autores que a deposição de poluentes atmosféricos nas superfícies dos telhados durante o período de estiagem exerce grande influência sobre a qualidade das águas escoadas por tais superfícies, sendo que quanto maior o período seco, maior será a quantidade de poluentes depositados nas superfícies de captação.

Também foram observados elevados coeficientes de correlação entre cor aparente e turbidez (0,893); sólidos suspensos totais (0,874); sólidos suspensos fixos (0,867) e sólidos suspensos voláteis (0,832) (NAKADA; MORUZZI, 2014).

Em estudo realizado em cisternas do semiárido pernambucano, Lima (2012) observou que a deposição de sólidos em suspensão e restos de animais e plantas no telhado e nas calhas,

entre uma chuva e outra, é o principal responsável pela presença de cor e turbidez. Ainda assim, o autor obteve valores inferiores ao exigido pela legislação brasileira (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011), que é de 1 UTN.

O pH é uma medida da concentração de íons hidrogênio e é uma medida da natureza ácida ou alcalina da solução aquosa que pode afetar os usos específicos da água. A maioria das águas naturais tem um pH entre 6 e 8, sendo que o pH igual a 7 indica uma condição de neutralidade, já o pH menor que 7 indica condições ácidas, enquanto o pH maior que 7 indica condições básicas.

De acordo com Jaques (2005), o pH da água de chuva é levemente ácido, com valores em torno de 5,6, devido à presença do dióxido de carbono na atmosfera durante a precipitação. O autor afirma que em regiões preservadas e sem alterações pela ação do homem, como é a situação normalmente observada em áreas rurais, o pH apresenta-se em torno de 5,0 tanto devido à presença de dióxido de carbono (CO_2) como de íons de sulfato (SO_4^-) que reagem com a água da chuva formando ácidos que diminuem o pH. Anatolaki e Tsitouridou (2009) destacam que a chuva ácida, em maior e menor grau, é um problema bem conhecido em diversas localidades e ocorre devido ao aumento contínuo das atividades humanas. De acordo com os autores, em uma área não afetada a água da chuva deve ter o pH entre 5 e 6, sendo 5,6 o valor de pH de água destilada em 25°C em equilíbrio com o ar contendo 300 ppm de CO_2 em uma pressão de 1 atm.

Rastogi e Sarin (2005), em um estudo de três anos (2000 – 2002), analisando precipitações individuais de uma região semiárida na Índia, identificaram que a água de chuva tem características alcalinas na natureza, com pH variando de 5,2 a 8,2). Lima (2012) obteve valores entre 6,9 e 9,4 (neutro a alcalino) para cisternas no semiárido pernambucano, tendo observado que estes atendem ao definido pela Portaria No. 2914 (MS, 2011).

De acordo com Xavier e outros (2009), ao estudar a qualidade da água armazenada em dois tipos de desvios das primeiras águas de chuva, ambos confeccionados em concreto, encontraram altos valores de pH, alcalinidade e dureza total, nas amostras de água nos desvios. Os autores associaram estes valores ao arraste de sedimentos acumulados nos telhados e de sais liberados pelo material de construção das caixas dos próprios desvios em contato com a água. Sobre isso, de acordo com Lye (1992 apud XAVIER *et al.*, 2009), a água da chuva em contato com a superfície de cimento pode provocar a sua dissolução, removendo carbonato de cálcio (CaCO_3) e elevando alcalinidade e dureza.

Segundo Anecchini (2005 apud FARIAS, 2012), a alcalinidade da água na zona urbana pode estar associada com a composição do material depositado na superfície de captação durante o período de estiagem.

A principal fonte de dureza na água, de acordo com Piveli e Kato (2005), é a sua passagem pelo solo, portanto, pode-se justificar os maiores valores de dureza nas amostras do desvio na zona rural pela quantidade de sólidos, turbidez e cor encontrados nestas amostras, proveniente dos sólidos em suspensão no ar devido à movimentação de veículos nas estradas não pavimentadas da zona rural.

No estudo realizado por Lima (2012) em cisternas do agreste pernambucano, foi verificado que a ocorrência de precipitação causou a redução da concentração de parâmetros como cloretos, condutividade elétrica, dureza total, alcalinidade total, pH e sólidos dissolvidos totais em todas as cisternas monitoradas, com repetição durante quatro anos de monitoramento. Segundo o autor, este fato aconteceu em decorrência da diluição dos compostos na água armazenada nas cisternas durante o período chuvoso.

Xavier e outros (2009) explicaram que, como os valores de pH da água de chuva armazenada nas caixas dos dois desvios estiveram entre 8,3 e 10,6, é possível que o pH e a alcalinidade dessas águas tenham a influência de íons de carbonatos e bicarbonatos liberados do cimento. Apesar de, segundo Libânio (2008), não existirem evidências de que a dureza cause problemas sanitários, o limite máximo para parâmetro estabelecido pela Portaria nº 2914 (MS, 2011), é de 500 mg CaCO₃/L.

A alcalinidade é determinada devido à presença de carbonatos de bicarbonatos (VON SPERLING, 1995), substâncias que fazem parte da constituição do cimento. A água da chuva, com pH mais reduzido, entra na cisterna agredindo as superfícies das paredes de cimento e dissolve seus constituintes.

A unidade usada para expressar o parâmetro alcalinidade é de 30 a 500 mg/L de CaCO₃, estando dentro dessa faixa a maioria das águas naturais. A alcalinidade não representa padrão para potabilidade (BRASIL, 2004).

De acordo com ANA (2005), os sólidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura preestabelecida durante um tempo fixado. De uma forma geral, os sólidos totais são a soma dos sólidos dissolvidos e dos sólidos em suspensão. Os sólidos dissolvidos constituem uma medida da quantidade de matéria dissolvida na água, determinada por evaporação de um volume de água previamente filtrada, correspondendo ao resíduo seco com filtração prévia. De acordo com Tchobanoglaus, Burton e Stensel (1991), a origem dos sólidos dissolvidos

pode ser múltiplas, orgânicas ou inorgânicas, tanto em águas subterrâneas como superficiais. Segundo Sawyer e outros (1994 apud XAVIER *et al.*, 2009), os sólidos dissolvidos em água potável são constituídos, principalmente, por sais inorgânicos, pequena quantidade de matéria orgânica e gases dissolvidos.

Os sólidos em suspensão são uma medida de sólidos sedimentais (não dissolvidos) que podem ser retidos em um filtro e determinados pela pesagem do mesmo depois de seco. De acordo com ANA (2005), a ocorrência de turbidez elevada pode estar associada à presença de sólidos em suspensão. Segundo Figueiras (2013), ocorre a deposição de sólidos em suspensão e matéria orgânica de origem animal e vegetal nas calhas e telhado, geralmente durante o período de estiagem, contribuindo para o aumento dos parâmetros de turbidez e cor, além de contaminação bacteriológica. Lima (2012) afirma que os sólidos suspensos são os principais responsáveis pela turbidez, sendo que valores elevados podem reduzir a eficiência da desinfecção da água, pela proteção física dos microrganismos do contato direto com o desinfetante. O contato da água com a superfície de captação, através da lavagem do telhado, contribuiu para a diminuição da qualidade da água no que se refere à cor aparente, o que representa uma importante fonte de contaminação.

Semelhantemente, Anecchini (2005) avaliou as variações das características físico-químicas e bacteriológicas da água da chuva ao longo de um sistema de aproveitamento em Vitória – ES, verificou uma redução considerável no teor de sólidos suspensos totais - SST, a partir da eliminação do primeiro milímetro de chuva. No trabalho de Mendez *et. al* (2011) obtiveram valor máximo de SST de 150 mg/l, após o desvio das primeiras águas de chuva.

Figueiras (2013) obteve taxa de remoção dos sólidos suspensos totais (SST) no primeiro milímetro, com comportamento semelhante ao observado para a turbidez. No primeiro experimento, houve uma redução de 86% (de 1573 mg/L para 215 mg/L) e uma redução de 81% (de 989 mg/L para 184 mg/L), para o segundo experimento.

Conforme Von Sperling (2005), a presença de sólidos em suspensão pode conferir proteção a patógenos. Os sólidos em suspensão são responsáveis pela turbidez, que representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água. O material particulado pode ser utilizado como indicativo da provável presença de microrganismos.

Nos sólidos dissolvidos estão inclusos os coloides e os efetivamente dissolvidos. O excesso de sólidos dissolvidos na água pode resultar em alterações de sabor e acarretar em problemas de salinização do solo em águas utilizadas para irrigação. De acordo com a Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo de sólidos dissolvidos totais permitido para a água potável é de 1000 mg/L; e segundo a publicação da EMBRAPA sobre a qualidade

da água para irrigação (ALMEIDA, 2010), o valor máximo aceitável de sólidos dissolvidos totais é de 2000 mg/L.

Assim como observado para a turbidez, a presença de sólidos pode influenciar o parâmetro cor. De uma forma geral, observa-se que os valores mais acentuados estão associados à ocorrência de sólidos dissolvidos de origem orgânica, principalmente os ácidos húmicos e fúlvicos, que são resultantes da decomposição da matéria orgânica.

A cor de uma amostra de água pode ser considerada de duas formas como aparente ou verdadeira. Diz-se “cor aparente” àquela relacionada com a turbidez, ou seja, que considera a existência de uma parcela de sólidos em suspensão, e por “cor verdadeira” ou “cor real”, entende-se como àquela que leva em consideração apenas as partículas que estão dissolvidas, com diâmetro inferior a 1 µm. Geralmente, considera-se que a cor da água não representa riscos ao consumo, quando se trata de saúde pública e abastecimento humano, apenas rejeição visual dos consumidores. Entretanto, a Portaria Nº 2.914 (MS, 2011) estabelece que o valor máximo permitido para a cor aparente é 15 uH (Unidade Hazen – mg Pt–Co/L) com relação ao uso para o consumo humano.

O ânion cloreto (Cl⁻) tem origem natural ou antrópica, sendo a dissolução de minerais e a intrusão de águas salinas, principalmente em regiões costeiras, as principais fontes. As principais fontes de origem antrópica são os despejos domésticos e industriais, além do retorno de águas utilizadas na irrigação (VON SPERLING, 2005). A presença de cloretos confere sabor salgado à água, causando repulsa, apesar de não ser prejudicial à saúde humana, mesmo em quantidades razoáveis. Os cloretos de cálcio e magnésio ainda causam dureza (FARIAS, 2012).

Em estudo realizado por Carvalho (2014) foi detectado o valor de cloretos de 256 mg Cl⁻/L, acima da Norma, em apenas uma cisterna monitorada anteriormente na zona rural de Caruaru. Durante os anos de 2012 e 2013 uma cisterna monitorada pelo autor apresentou aumento intenso da concentração de cloretos no período de estiagem. Este aumento deve ter sido proveniente da adição de grande quantidade de hipoclorito de sódio normalmente utilizado na água de caminhões pipa, que também abasteceram as cisternas no decorrer da estiagem ocorrida no período de estudo. Entretanto, não houve grandes variações na concentração de cloretos nas cisternas que armazenaram apenas água de chuva durante o mesmo período, entre 2012 e 2013.

Souza (2009), obteve turbidez de 65,79 UT no interior dos dispositivos para descarte das primeiras águas de chuva no município de Pesqueira (semiárido pernambucano). Assim como observado por Souza (2009) e Lima (2012), os maiores valores de turbidez foram

registrados nas amostras do **interior do desvio** nas três regiões estudadas, onde é armazenada a primeira água de lavagem da superfície de captação.

No estudo realizado por Santos (2008) nas cisternas rurais da Bahia, observou que em 27,8% das amostras a cor aparente da água armazenada estiveram acima do limite máximo de 15 uH, com valores na faixa de 20-40 uH. Um resultado semelhante foi relatado por Kato (2006) ao verificar a cor da água armazenada nas cisternas no município de Poço Redondo – SE. De acordo com Lima (2012), a deposição de sólidos em suspensão e restos de animais e plantas no telhado e nas calhas, observada entre uma chuva e outra, é o principal responsável pela presença de cor e turbidez.

A condutividade elétrica é a medida da capacidade da água para conduzir corrente elétrica e está associada à presença de íons, e é indicativa da matéria ionizável total presente na água. A água pura contribui minimamente para a condutividade, e em sua quase totalidade, é o resultado do movimento dos íons das impurezas presentes. De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), em virtude de sua facilidade e rapidez de sua determinação, a condutividade elétrica tornou-se o procedimento padrão para expressar a concentração total de sais para classificação e diagnose das águas destinadas à irrigação.

De acordo com Chugtai, Mustafa e Mumtaz (2014), a condutividade elétrica é determinante para considerar a pureza da água que depende da natureza e concentração das substâncias ionizadas (ânions cloreto, nitrato, sulfato e fosfato, ou cátions sódio, magnésio, cálcio, ferro e alumínio) na água.

Na Ilha de Kefalonia (Grécia), Sazaklia, Alexopoulos e Leotsinidis (2007) realizaram um estudo e obtiveram 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como valor médio de condutividade em água de chuva armazenada em reservatórios de concreto armado. Tais reservatórios monitorados pelos autores tinham sido construídos na década de 70, podendo isto explicar os valores inferiores aos encontrados nas cisternas construídas mais recentemente no semiárido brasileiro. No estudo de Lima (2012), o autor sugere que a idade da cisterna influencia a alcalinidade, pH e condutividade da água armazenada nas cisternas. A influência se dá possivelmente pela liberação de material constituinte do cimento, usado na construção das cisternas de placa, avaliadas no estudo.

No estudo Souza (2006), realizado na Ilha Grande, Rio de Janeiro, observou-se a condutividade variando de 12,6 a 222 $\mu\text{S cm}$.

Carvalho (2014) constatou que durante o período de estiagem o parâmetro condutividade, semelhantemente à concentração de cloretos, apresentou valores extremos, como 1566 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas cisternas. Ele explica que há uma grande correlação entre esses

parâmetros, uma vez que a dissolução de íons Cl^- em água, provoca um aumento na condutividade elétrica. De acordo com Arraes e outros (2009), “os elementos que apresentam maior peso na determinação da condutividade em águas superficiais são os íons Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e o Cl^- ”.

Sobre o monitoramento de outros parâmetros de qualidade da água, de acordo com Cunha (2014), íons, metais e produtos químicos tóxicos são relatados somente em alguns casos e podem advir dos materiais da superfície de captação, na construção da cisterna e de poluentes atmosféricos fixados na poeira, emissões poluentes por atividades industriais e urbanas ou inseticidas agrícolas.

3.4.2 Metais pesados

Sobre a possibilidade de ocorrência de metais pesados, os mais comuns são o arsênico, o cádmio, o chumbo, o cromo, o bário e o selênio. Devido ao perigo que representam para a saúde da população, estes metais devem ser estritamente controlados na origem da contaminação. Para sua determinação, geralmente emprega-se a espectrofotometria de absorção atômica. A ocorrência mais comum desses metais é em zonas industriais, e urbanas com grande poluição, favorecendo a contaminação atmosférica e conseqüentemente a água de chuvas ainda que, nestes locais, a água de chuva tenha uma boa qualidade química quando se considera outros parâmetros (salinidade, dureza, alcalinidade, etc.).

Dentre os metais pesados listados, a presença do chumbo, pela gravidade dos efeitos resultantes, é extremamente preocupante. Segundo Castellan (1986), o chumbo e seus compostos apresentam relação com disfunções no sistema nervoso, problemas nas estruturas ósseas, problemas na circulação sanguínea, etc. e sua absorção se dá principalmente por via oral ou respiratória, devido à sua baixa solubilidade. O autor destaca que os mais sensíveis aos problemas são as crianças, por causa da relação contaminação/peso e por estarem em fase de desenvolvimento do sistema neurológico. O chumbo, assim como o ácido sulfúrico e materiais plásticos, está essencialmente presente na bateria de arranque e iluminação em automóveis, em sistemas de tração para veículos e máquinas elétricas, como fontes alternativas em *no-breaks*, dentre outros usos (CASTELLAN, 1986). Segundo Atkins (2003), o chumbo se apresenta na forma de chumbo metálico, bióxido de chumbo, ligas de chumbo e sulfato de chumbo. De acordo com o autor, na discussão sobre o impacto ambiental decorrente da atividade, é importante considerar desde a extração de chumbo nas minas até sua utilização na indústria.

Podem ser encontradas alterações nas concentrações naturais da chuva devido a poluentes do ar, tais como o dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO) ou ainda

chumbo, zinco e outros, normalmente em áreas como centros urbanos e polos industriais (OLIVEIRA, 2008).

No estudo de Berndtsson, Emilsson e Bengtsson (2006 apud FARIAS, 2012), no qual avaliaram a influência de um telhado verde na qualidade da água escoada, na Suécia, foram analisados os metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Pb, e Zn) na água oriunda do telhado. Encontrou-se uma concentração de metais na água semelhante a da água proveniente do escoamento superficial urbano.

Outro fato importante é que os metais cádmio, cobre e chumbo podem estar presentes em águas de chuva devido à solubilização de partículas atmosféricas contendo estes metais. “Sendo estas provenientes, predominantemente, das emissões veiculares em função do desgaste de diferentes componentes dos veículos, além do sistema de exaustão, devido à presença destas espécies tanto no álcool quanto no diesel” (OZAKI, WATANABE; KUNO, 2004).

A preocupação da contaminação por metais pesados em áreas rurais é menor, uma vez que, de acordo com Andrade Neto (2004), os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são baixos nestas localidades, além disso a contaminação microbiológica da atmosfera chega a ser mais rara que a contaminação química e, normalmente, não atingem concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água das chuvas, que é na maioria das vezes a água natural disponível de melhor qualidade.

A utilização da água de chuva para fins urbanos não-potáveis pode representar uma economia significativa de até 60% em uma residência, visto que diversas atividades como descarga, lavagem de piso e de carros, rega de jardim, etc. representam mais da metade do consumo de uma casa e são realizadas com água tratada, quando poderiam ser feitas com água da chuva (REBOUÇAS, 2006 apud TEIXEIRA *et al.*, 2016). De acordo com Tomaz (2003 apud TEIXEIRA *et al.*, 2016), estima-se uma economia de 30% da água pública quando se utiliza água de chuva para fins domésticos. Diante da situação crítica de uma metrópole, à exemplo de São Paulo, quaisquer porcentagens de economia seriam bem-vinda e as faixas de economia sugeridas por esses autores de 30% a 60% são significativas e necessárias. Furghesti (2011 apud TEIXEIRA *et al.*, 2016), apresenta ainda um estudo realizado em edifícios públicos, onde o consumo não potável representa em média 80% do consumo total de água.

Na Região Metropolitana de São Paulo, as fontes de contaminação atmosférica são relacionadas aos processos industriais e à intensa frota de veículos leves e pesados. No entanto, a queima de combustíveis pela frota veicular nos últimos anos tem sido considerada a

principal fonte de poluentes atmosféricos, estimando-se que cerca de um terço do total de 7,5 milhões de veículos circulavam diariamente na Região Metropolitana de São Paulo no ano de 2003, contribuindo com mais de 90% das emissões de hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio (NO e NO₂) e monóxido de carbono (CO) e com mais de 40% das emissões de material particulado (MP) e dióxido de enxofre (SO₂) (CETESB, 2003).

Nos anos 40, com a utilização do chumbo como aditivo na gasolina, houve um incremento nas emissões atmosféricas deste metal. “Porém, desde o início dos anos 70, tem havido um esforço contínuo para a diminuição do chumbo na gasolina, gerado pelas preocupações relacionadas com os efeitos à saúde humana”. No Brasil, partir de 1993, com uso do etanol anidro na gasolina permitiu-se o banimento definitivo do chumbo. Com isso, foi possível o início de uso de catalisadores automotivos, reduzindo-se assim a emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio (CETESB, 2003 apud FONTENELE; PEDROTTI; FORNARO, 2009).

Os metais traços, como cádmio, chumbo e cobre, estão presentes no material particulado e merecem atenção especial devido à elevada toxicidade sobre os organismos, podendo ocasionar efeitos danosos em longo prazo. A emissão atmosférica destes compostos está relacionada com processos antrópicos que utilizam altas temperaturas, como exemplo a queima de combustíveis fósseis, e também devido ao desgaste de peças de veículos. Outras possíveis fontes são a produção de aço, incineração de resíduos, fundições, e metais não-ferrosos, atividades de indústrias de cimento e de pigmentos (MANAHAN, 2005).

3.4.3 Parâmetros bacteriológicos

De acordo com Amorim e Porto (2011), a bactéria *Escherichia coli*, e o grupo coliforme em seu conjunto, são os organismos mais comuns utilizados como indicadores da contaminação fecal. As bactérias coliformes são microrganismos de forma cilíndrica, capazes de fermentar a glicose e a lactose. Outros organismos usados como indicadores de contaminação fecal são os estafilococos fecais e os clostrídios. Estes últimos são os organismos anaeróbios, formadores de esporas. As esporas são formas resistentes das bactérias capazes de sobreviver um longo tempo, cuja presença em ausência de coliformes indica uma pesada contaminação. De acordo com a destinação da água, a eliminação de bactérias se realiza por filtração, tratamento biológico, ou esterilização por luz ultravioleta, cloração ou ozonização.

No trabalho de Sazaklia, Alexopoulos e Leotsinidis (2007), foi analisada a qualidade da água da chuva armazenada em cisternas, para consumo doméstico e para beber, em pesquisa realizada no Norte da ilha de Kefalonia, Grécia. Os autores verificaram que ao

analisar 156 amostras, em três anos, foram detectados coliformes totais e *E. coli* em 80,3 % e 40,9 % das amostras, respectivamente, mesmo que em baixas concentrações. A pesquisa ainda revelou que os parâmetros microbiológicos foram afetados principalmente pelo nível de limpeza das áreas de captação.

Alves e outros (2012) realizaram pesquisa em sete cisternas instaladas no semiárido pernambucano, e em uma delas havia o dispositivo das primeiras águas de chuva proposto pela UFPE. Observou-se que as amostras de água armazenadas nesta cisterna, apresentaram menores e mais estáveis valores (menor desvio padrão) de coliformes totais. Lima (2012) ao avaliar o sistema de desvio automático das primeiras águas proposto pela UFPE, observou redução de 62,4 de turbidez, 96,5% de coliformes totais e 100% de *E.coli* na água após atravessar o dispositivo.

A diminuição nas concentrações de coliformes totais e *E.Coli* foi bem notada no estudo de Carvalho (2014) quando os dispositivos passaram a ser utilizados. A redução ocorrida na concentração de coliformes totais, entre os períodos P1 e P2 correspondeu a 20%.

No estudo de Figueiras (2013), remoção de coliformes totais após o desvio do 1º mm foi de aproximadamente 99%, com a menor intensidade de chuva simulada, e de 98% quando foi simulada uma chuva com maior intensidade. Em relação à bactéria *Eschechia coli*, foi detectada uma contaminação na água coletada após passagem pelo telhado. O autor considerou que o desvio do primeiro milímetro de água de chuva foi o mais importante para melhorar a qualidade das águas encaminhadas a cisterna. Pois, mesmo com o decaimento da contaminação no descarte dos outros três milímetros de chuva, o primeiro milímetro mostrou uma excelente eficiência na remoção dos contaminantes. Visto que, em relação aos parâmetros bacteriológicos, houve redução de coliformes totais e *E.coli* de 99% e 100%, respectivamente, somente para o primeiro milímetro descartado.

Anecchini (2005) também obteve resultados indicativos de contaminação para *E. coli* e para coliformes totais em seu estudo, atribuindo esse resultado à presença de fezes de animais na superfície de captação da chuva.

De acordo com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, com relação aos riscos sanitários decorrentes da presença de microrganismos patogênicos, as águas que apresentam concentrações inferiores a 200 UFC/100mL de coliformes termotolerantes e menos de 1 ovo de helminto por litro podem ser destinadas ao uso urbano irrestrito não potável, podendo-se aplicar à irrigação (parques, jardins, cemitérios, campos de golfe, etc.), usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar (SILVA, 2011).

O volume de água que deve ser rejeitado no desvio da primeira água de chuva depende do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação. A NBR 15.527 (ABNT,2007) recomenda o descarte de 2 mm da precipitação inicial. No caso da presença de muitos pássaros, árvores ou indústrias poluidoras, deverá ser aumentado o descarte das primeiras águas de chuva. A média de coliforme fecal encontrada nos telhados cerâmicos foi de 8 UFC/100 ml e 65 UFC/100 ml para coliformes totais. Para telhados de chapa galvanizados encontrou-se 5 UFC/100 ml e 15 UFC/100 ml de coliforme fecais e totais respectivamente. Para telhados com asfalto tratado foi encontrado 5/100ml e 15/100ml de coliforme fecais e totais respectivamente (OLIVEIRA, 2008).

3.4.4 Normatizações de controle de uso da água

A Portaria No. 2.914 (MS, 2011) “*dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*”. Esta Portaria se aplica à água destinada ao consumo humano, originária de sistema de abastecimento ou alguma solução alternativa de abastecimento de água.

As disposições desta Portaria não se aplicam à água natural, à água mineral natural e às águas adicionadas de sais, destinadas ao consumo humano após o envasamento, e a outras águas utilizadas como matéria-prima para elaboração de produtos, de acordo com a Resolução (RDC) nº 274, de 22 de setembro de 2005, da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005).

De acordo com a Norma, toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser controlada e observada sua qualidade. Ainda dispõe que está sujeita à vigilância da qualidade da água toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população.

A Normativa NBR 15.527 (ABNT, 2007) fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, plantas ornamentais, irrigação de gramados, lavagem de automóveis, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água, usos industriais, dentre outros.

Os Parâmetros analisados para determinação da qualidade da água, bem como os limites estabelecidos nas legislações citadas, estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2: Parâmetros estabelecidos na legislação e respectivos limites.

Parâmetro	Limites estabelecidos		Investigado
	Portaria No. 2.914 (MS, 2011)	NBR 15.527 (ABNT, 2007)	
Alcalinidade	-	-	Sim
Alumínio	0,2 mg/L	-	Sim
Amônia	1,5 mg/L	-	Não
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	-	-	Não
Boro	-	-	Não
Cálcio	-	-	Não
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	-	-	Não
Cloreto	250 mg/L	-	Sim
Cloro residual livre	-	0,5 a 3,0 mg/L	Não
Coliformes fecais	-	-	Não
Coliformes term.	-	-/100mL	Não
Coliformes totais	-/100 MI	-/100 mL	Sim
Condutividade elétrica	-	-	Sim
Cor aparente	15 uH	15 uH	Sim
Chumbo (Pb)	0,01 mg/L	-	Sim*
DBO	-	-	Não
DQO	-	-	Não
1,2 diclorobenzeno	0,01 mg/L	-	Não
1,4 diclorobenzeno	0,03 mg/L	-	Não
Dureza total	500 mg/L	-	Sim
Etilbenzeno	0,2 mg/L	-	Não
Ferro	0,3 mg/L	-	Sim
Fósforo – Fosfato	-	-	Não
Gosto e odor	6 intensidade	-	Não
Magnésio	5 meq/L	-	Sim
Manganês	0,1 mg/L	-	Sim
Monoclorobenzeno	0,12 mg/L	-	Não
Nitrogênio – Nitrato	10 mg/L	-	Não
Nitrogênio – Nitrito	1 mg/L	-	Não
OD	-	-	Não
Óleos e graxas	-	-	Não
pH	-	6,0 a 8,0	Não
Potássio	-	-	Não
Sódio	200 mg/L	-	Não
Sólidos Dissolvidos Totais	1000 mg/L	-	Sim
Sol. Não FT	-	-	Não
Sólidos sedim.	-	-	Não
Sulfato	250 mg/L	-	Não
Sulfeto de hidrog.	0,1 mg/L	-	Não
Surfactantes	0,5 mg/L	-	Não
Temperatura	-	-	Não
Tolueno	0,15 mg/L	-	Não
Turbidez	5 uT	2 uT / 5 uT	Sim
Zinco	5 mg/L	-	Não
Xilenos	0,3 mg/L	-	Não

* Exceto na zona rural.

Fonte: A Autora (2016).

3.5 DISPOSITIVOS DE DESCARTE DOS PRIMEIROS MILÍMETROS DA ÁGUA DE CHUVA

Diante do exposto, é de consenso comum que os primeiros milímetros de chuva normalmente são de pior qualidade, pois correspondem à lavagem de partículas poluidoras presentes na atmosfera e nas superfícies de captação. Portanto, é importante que haja o descarte das primeiras águas de chuva para eliminar grande parte dos contaminantes, principalmente se a água for utilizada para fins potáveis. A qualidade da água após a primeira descarga poderia ser melhorada através da construção de reservatórios adequados e manutenção eficaz Lee, Bak e Han (2012).

No estudo de Lima (2012) foi observado que a cisterna GB1, dotada de dispositivo automático de desvio das primeiras águas de chuva, apresentou, em geral, menores valores de coliformes totais e *E.coli* ($5,6 \times 10^3$ UFC/100 mL e $1,1 \times 10^2$ UFC/100 mL) e menor variabilidade de todos os parâmetros (menores desvio padrão). A avaliação da influência do dispositivo de descarte automático das primeiras águas de chuva indicou que os resultados de coliformes totais e *E.coli* da água armazenada na cisterna GB1, onde estava instalado o dispositivo, foram menores e mais estáveis que os demais pontos de análise.

Avaliando a média do pH da água utilizada para a simulação da precipitação, 8,00, e o pH médio antes do desvio do primeiro milímetro, 8,32, observa-se uma pequena variação após o contato da água o sistema de captação. Esta variação após o desvio do primeiro milímetro é totalmente eliminada conforme, confirmando que a variação da qualidade da água não foi influenciada pelas condições atmosféricas (LIMA, 2012).

Ao comparar o resultado obtido no monitoramento das cisternas LC4 (com DESVIUFPE e bomba manual) e LC5 (sem desvio), Carvalho (2014) observou diferenças significativas entre as duas cisternas nos parâmetros cor aparente, turbidez e SDT, com nível de significância de 5%. Na cisterna LC4 os valores médios foram inferiores aos de LC5, em 50%, 67% e 45% respectivamente para cor aparente, turbidez e SDT.

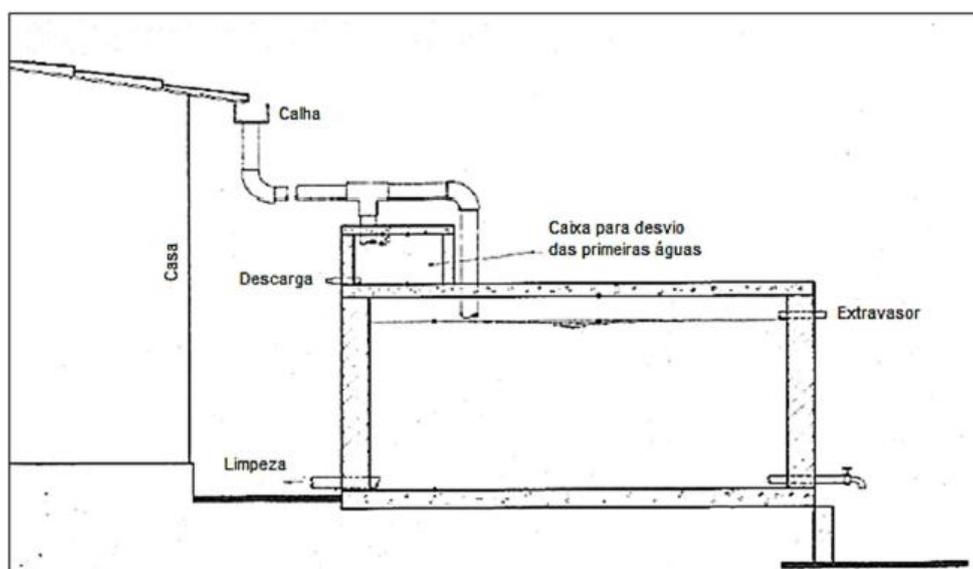
Figueiras (2013) observou que após o desvio das primeiras águas, houve uma redução na turbidez, o que demonstra a eficiência dos dispositivos de descarte em reter, em seu interior, as partículas carregadas do telhado (após o 1° mm). A eficiência de redução da turbidez alcançada pelo dispositivo de descarte foi bastante eficaz, uma vez que foram atingidos valores de 22,4 UNT, indicando uma redução de 94%, quando comparada ao valor de 386 UNT, no primeiro experimento, e 33,26 UNT, redução de 86%, em comparação com o valor de 241 UNT, para no segundo experimento.

Alguns dispositivos de descarte são utilizados para eliminação dos primeiros

milímetros de chuva. Andrade Neto (2004) propuseram um dispositivo para desvio automático no qual as primeiras águas de chuva são direcionadas para um tanque externo apenas através de um “tê” intercalado na tubulação de entrada da cisterna (Figura 3). Para tal, o tanque de desvio, geralmente pequeno, com capacidade de acumular cerca de 0,001 m³ por m² de área de captação, deve permanecer fechado para que a água inicial seja direcionada para ele. Em seguida, quando o tanque de desvio estiver cheio, a água será encaminhada à cisterna. A água acumulada no tanque de desvio poderá ser usada para outras atividades domésticas. De acordo com Andrade Neto (2004), este tipo de dispositivo de descarte necessita ser esvaziado, por tubulação de descarga, antes de ocorrer a próxima precipitação para que haja novamente o desvio da primeira água da chuva seguinte. O fecho hídrico, neste caso, dispensa a utilização de boias ou outros materiais.

Outro exemplo de dispositivo de desvio automático vem sendo disseminado através do Centro de Educação Popular e Formação Social (CEPFS), que é uma organização que atua há mais de vinte anos no sertão paraibano. O objetivo da organização é desenvolver ações que promovam o desenvolvimento rural sustentável na região, através da capacitação de agricultores, para que a convivência com o semiárido se dê de forma justa e solidária (Disponível em www.cepfs.org).

Figura 3: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas de chuva.



Fonte: Andrade Neto (2004).

O sistema de descarte é formado por dois reservatórios: um menor que acumula as primeiras águas de chuva desviadas, e um segundo, com maior capacidade de

armazenamento, que recebe as águas de melhor qualidade após o sistema de desvio - cisterna (Figura 4). Para este sistema, considera-se que o reservatório menor deve ter capacidade de acumular dois litros de cada m² da superfície de captação - telhado (ANDRADE NETO, 2004).

O princípio de funcionamento deste dispositivo também é fecho hídrico, e consiste na colocação de um “tê” na tubulação que recebe as águas diretamente da calha, de tal forma que uma abertura do “tê” esteja direcionada para o tanque de desvio e a outra abertura do “tê” para a cisterna. Na parte do “tê” que desce para o tanque de desvio é colocada uma garrafa PET com capacidade de dois litros, que foi previamente cortada removendo-se o gargalo e o fundo. Instala-se um joelho na tubulação voltada para o tanque de desvio, para que seja possível direcionar a água para o referido tanque. Neste joelho instala-se outra garrafa PET, mas esta deve estar fechada e ter capacidade de um litro (Disponível em www.cepfs.org).

Figura 4: Tanques que compõem o sistema de boia para descarte das primeiras águas de chuva.



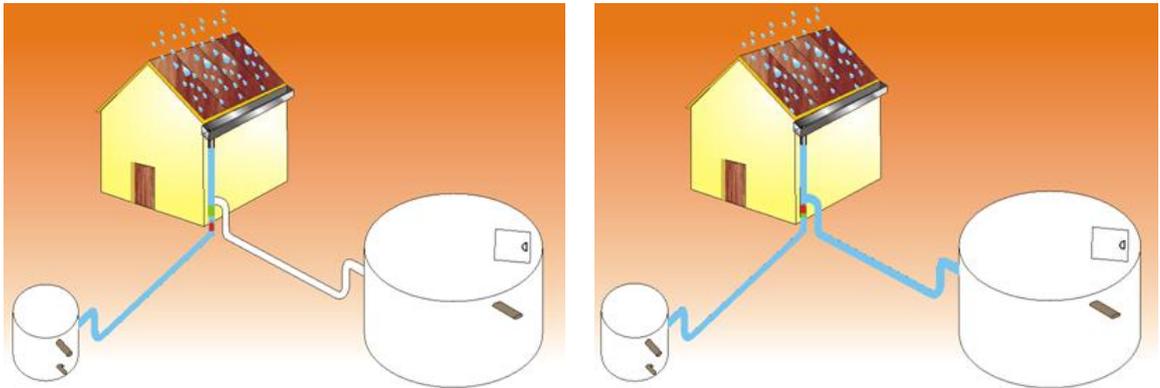
Fonte: www.cepfs.org.br (2015).

Quando o tanque de desvio enche com as primeiras águas de chuva, a garrafa PET de um litro sobe conduzida pela água, e encontra-se com a garrafa PET de dois litros, vendando o sistema na direção do tanque de desvio. Sendo assim, as demais águas de chuva serão agora direcionadas à cisterna. (Figuras 5 e 6).

Figura 5: Cisterna com sistema de boia no momento de direcionamento da água.

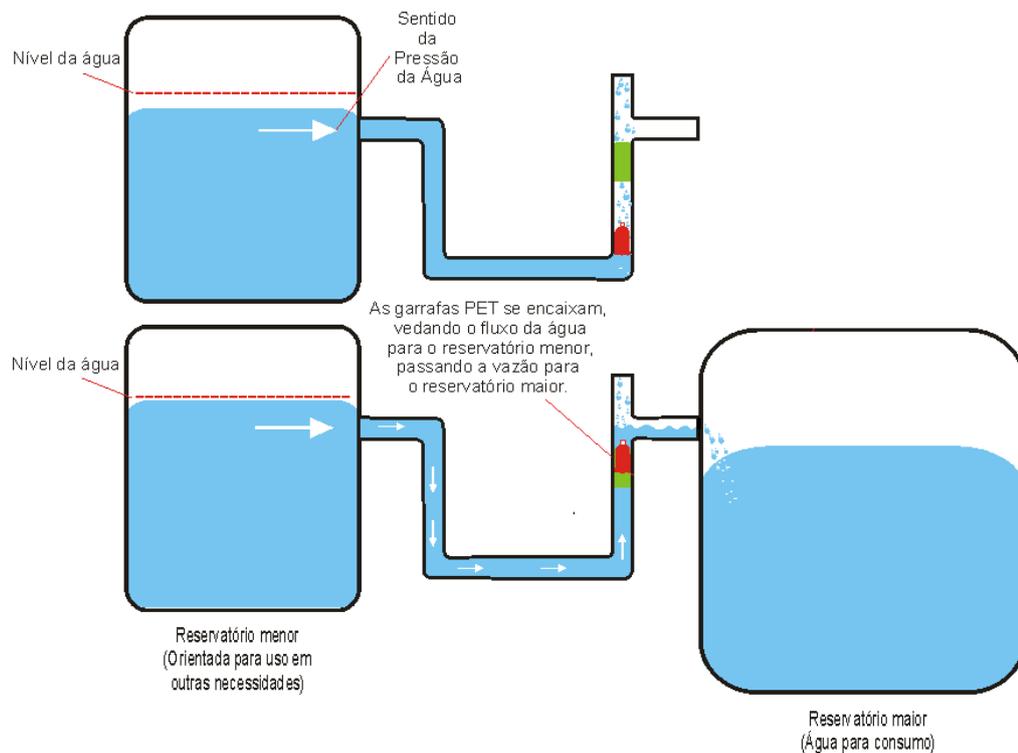
(a) Água para o reservatório de desvio.

(b) Água para o reservatório maior.



Fonte: *Fonte:* www.cepfs.org.br (2015).

Figura 6: Detalhe do funcionamento da cisterna com sistema de boia para lavagem do telhado.



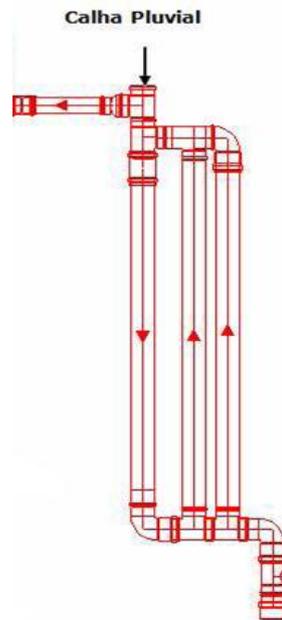
Fonte: A Autora (2016).

Nota: Adaptado de www.cepfs.org.br (2015).

Alguns dispositivos de desvios são construídos em alvenaria e é possível que haja problemas construtivos. Por isso, outros dispositivos vêm sendo testados com outros materiais, tais como o sistema proposto pela UFPE, que é chamado de DESVIUFPE (Figura 7 e 8). Este sistema baseia-se em dois princípios físicos de funcionamento, no princípio físico dos vasos comunicantes e do fecho hídrico, em que à medida que o telhado é lavado,

processa-se o acúmulo de água em tubos verticais (tubos e conexões em PVC) e após estes estarem completamente cheios, a água é direcionada para a cisterna.

Figura 7: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas de chuva – DESVIUFPE identificando com setas o sentido do fluxo da água de chuva no momento que entra do dispositivo.



Fonte: Lima (2012).

Figura 8: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas de chuva – DESVIUFPE.



Fonte: Lima (2012).

De acordo com Lima (2012), o sistema é dimensionado para desviar automaticamente 1 mm de chuva que cai sobre uma superfície de captação. Como também está havendo o acúmulo de água no interior do dispositivo é importante esvaziar-lo para o recebimento de eventos chuvosos subsequentes. Sendo assim, há necessidade de esvaziamento do dispositivo

após cada evento chuvoso, devendo este ser novamente fechado após o esvaziamento, para que seu enchimento ocorra automaticamente no próximo evento chuvoso.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

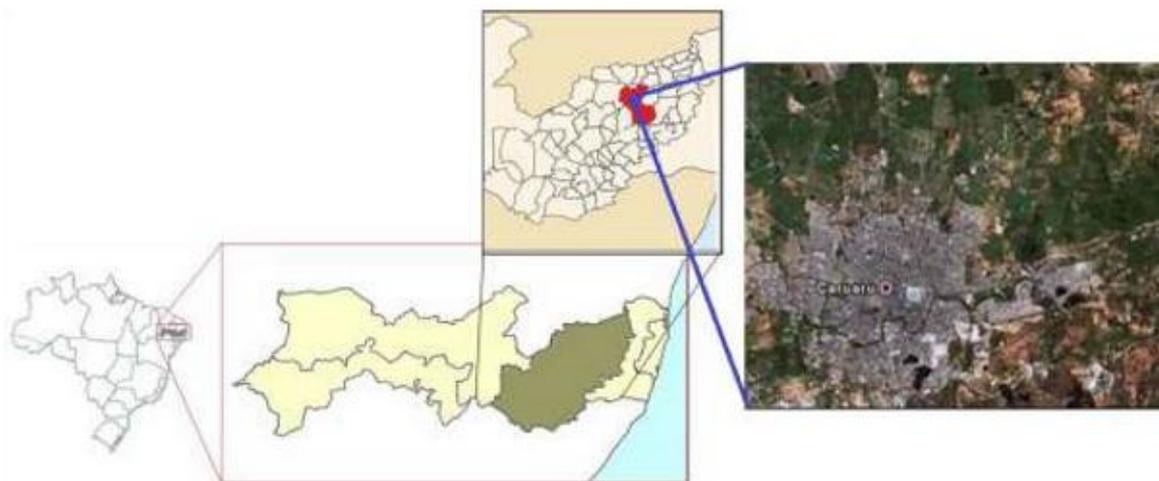
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado nas zonas urbana e rural do município de Caruaru – Pernambuco, e na área industrial de Belo Jardim – Pernambuco.

Caruaru está situado no agreste pernambucano, na microrregião do vale do Ipojuca (Figura 9). É localizada a cerca de 140 km da capital do Estado, Recife. Possui população de aproximadamente 306.788 habitantes (IBGE, 2012). O clima de Caruaru apresenta-se tropical do tipo semiárido, com temperatura média anual de 27°C (máxima de 34,7°C e mínima de 17,5°C para série histórica de 1960 a 1990), índice pluviométrico máximo de 380 mm e mínimo de 35 mm (série histórica entre 1960 e 1990). As chuvas são mal distribuídas e escassas, com predominância de ocorrência entre os meses de maio a agosto (www.inmet.gov.br).

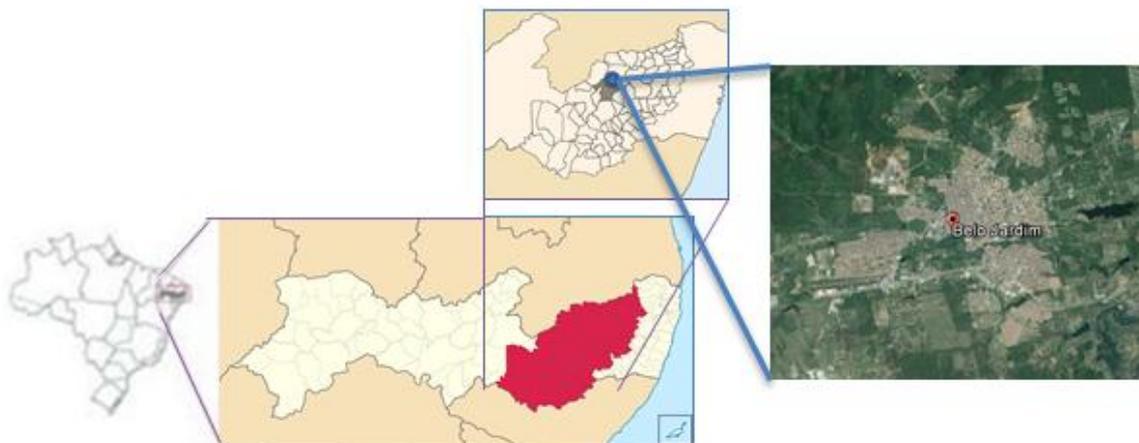
O município de Belo Jardim-PE se estende por 647,7 km² e conta com 72.412 habitantes. É situado a 621 m de altitude e nas coordenadas geográficas de latitude 8° 20' 9" S e longitude 36° 25' 28" O, na Mesorregião de Agreste Pernambucano, Microrregião do Vale do Ipojuca (Figura 10). Belo Jardim está localizada a cerca de 50 km da cidade de Caruaru (IBGE, 2012). Em Belo Jardim o clima é semiárido, com precipitação pluviométrica de 890,2 mm e temperatura média anual de 23° C, tendo predominância de chuva entre os meses de março a julho. A vegetação é composta por caatinga hiperxerófila e floresta subcaducifólia (www.cidade-brasil.com.br).

Figura 9: Localização da cidade de Caruaru, em Pernambuco.



Fonte: Santos *et al.* (2011).

Figura 10: Localização do município de Belo Jardim- Pernambuco.



Fonte: A Autora (2016).

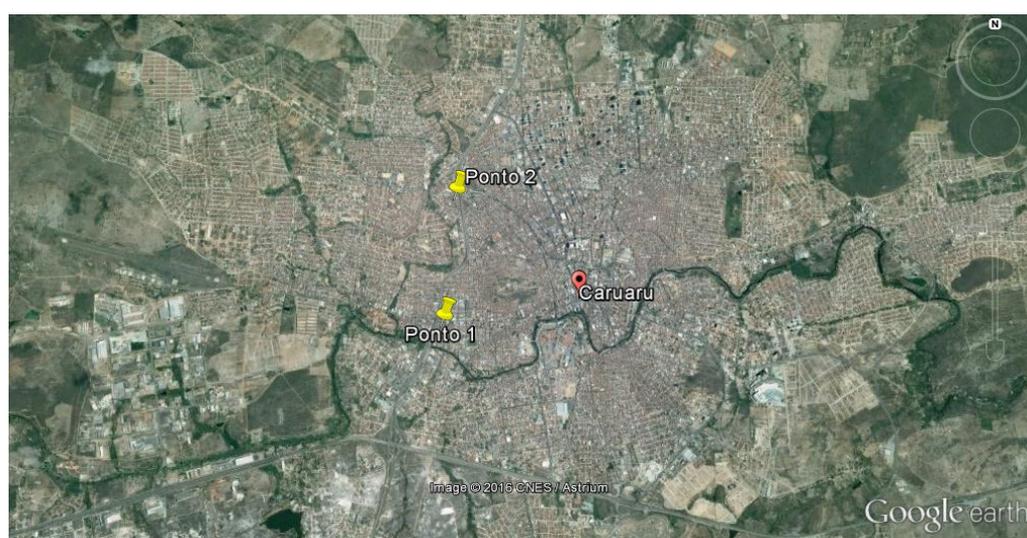
Nota: Adaptado de Santos *et al.* (2011).

4.2 PONTOS DE MONITORAMENTO

4.2.1 Localização

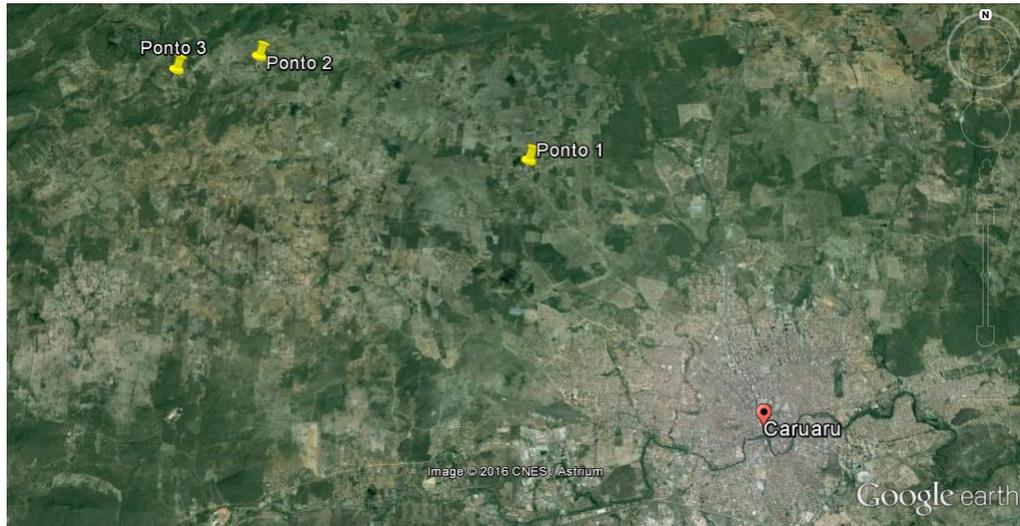
A interferência da qualidade do ar na água de chuva captada foi monitorada em diferentes localidades. Para tal, foram instalados dispositivos automáticos de coleta de chuva, modelo DESVIUFPE, no município de Caruaru, na zona urbana em pontos situados próximo às margens da BR 104 e próximos ao centro da cidade (Figura 11); e na zona rural do município, onde a UFPE já realiza estudos junto à comunidade local (Figura 12).

Figura 11: Localização dos pontos de coleta da zona urbana de Caruaru – PE.



Fonte: A Autora (2016).

Figura 12: Localização dos pontos de coleta na zona rural de Caruaru – PE.



Fonte: A Autora (2016).

Também foram instalados tais dispositivos no centro da cidade de Belo Jardim – PE (Figura 13), onde se situa uma fábrica de baterias automotivas, localizada nas coordenadas geográficas 8°20'12.44" de latitude sul e 36°24'59.18" de longitude oeste. As coordenadas geográficas de cada ponto de coleta, em Caruaru e Belo Jardim, estão dispostas nos Quadros 2, 3 e 4.

Figura 13: Localização dos pontos de coleta na área industrial de Belo Jardim – PE.



Fonte: A Autora (2016).

4.2.2 Detalhamento dos pontos de coleta

Detalha-se a seguir as características dos pontos de coleta considerados na zona urbana, na zona rural e na área industrial. No Quadro 3 estão descritas as características de todos os pontos de coleta, coordenadas geográficas e volume de cada dispositivo instalado.

A Figura 14 mostra o dispositivo instalado no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) de Caruaru, caracterizado como ponto 1 e da residência identificada como ponto 2, na zona urbana. Na Figura 15 está destacada a localização do ponto 1, em que se pode observar a ocorrência de solo exposto e de vegetação ciliar nas proximidades, além de vias urbanas destinadas ao tráfego intenso de veículos, pois, esta localização influenciou significativamente nos resultados obtidos para turbidez, condutividade e alcalinidade, principalmente.

Utilizou-se como pontos de coleta para o estudo da zona rural, três pontos instalados pelos pesquisadores do LEA e utilizados em pesquisas anteriores. A Figura 16 mostra os dispositivos instalados em cada uma das residências escolhidas na zona rural. Para estudo da área industrial também foram utilizados três pontos de coleta e a Figura 17 mostra os dispositivos instalados na área industrial de Belo Jardim, com destaque para o ponto 2, onde pode-se observar na Figura 18 a parede onde foi instalado o dispositivo, estando esta coberta por uma vegetação em toda sua extensão (cerca de 10 metros). Esta característica influenciou os resultados de *E. coli* nas amostras coletadas na área industrial.

Quadro 3: Características dos pontos de coleta.

Especificidade do local	Característica do ponto	Localização	Volume do dispositivo	Localização geográfica
Zona urbana	Ponto 1: Guarita do ITEP.	Cruzamento entre a BR 104 e o acesso ao centro de Caruaru.	13,92 L	8°17'20.26"S 35°59'1.77"O
	Ponto 2: Residência.	Bairro periférico.	29,16 L	8°16'34.66"S 35°58'57.61"O
Zona rural	Ponto 1: Residência rural.	Comunidade de Lajedo do Cedro e sítios vizinhos.	56 L	8°13'54.66"S 36° 1'0.71"O
	Ponto 2: Residência rural.		44,8 L	8°12'24.32"S 36° 4'35.89"O
	Ponto 3: Residência rural.		52 L	8°12'37.27"S 36° 5'39.87"O
Área industrial	Ponto 1: Borracharia.	Bairro central, circundando a indústria de baterias automotivas que compõem a área industrial.	25,5 L	8°20'2.61"S 36°25'5.02"O
	Ponto 2: Residência.		24,48 L	8°20'4.79"S 36°25'9.99"O
	Ponto 3: Residência.		8,33 L	8°20'11.00"S 36°25'4.24"O

Fonte: A Autora (2016).

Figura 14: Dispositivos instalados na zona urbana de Caruaru.

(a) Ponto 1.

(b) Ponto 2.



Fonte: A Autora (2016).

Figura 15: Localização do Ponto 1 de coleta na zona urbana de Caruaru.



Fonte: A Autora (2016).

Figura 16: Dispositivos instalados na zona rural de Caruaru.

(a) Ponto 1.

(b) Ponto 2.

(c) Ponto 3.



Fonte: A Autora (2016).

Figura 17: Dispositivos instalados na área industrial de Belo Jardim.

(a) Ponto 1.

(b) Ponto 2.

(c) Ponto 3.



Fonte: A Autora (2016).

Figura 18: Dispositivo instalado no Ponto 2 da área industrial de Belo Jardim.

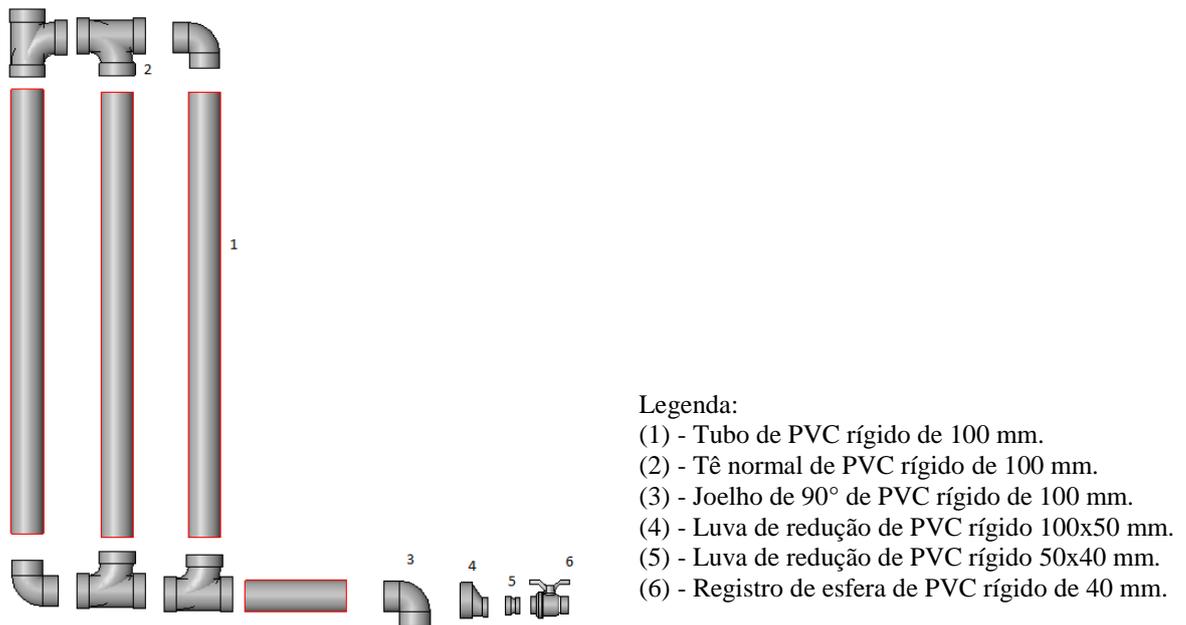


Fonte: A Autora (2016).

4.3 DESCRIÇÃO DO DISPOSITIVO DE COLETA - DESVIUFPE

De acordo com Carvalho (2014), o DESVIUFPE baseia-se no princípio físico dos vasos comunicantes e do fecho hídrico, em que à medida que o telhado é lavado, processa-se o acúmulo de água em tubos verticais (tubos e conexões em PVC), e só após estes estarem completamente cheios, a água é direcionada para a cisterna ou descartada (Figura 19). O dispositivo foi dimensionado para armazenar uma precipitação de 1 mm, correspondente à primeira água da chuva, em conformidade com o tamanho do telhado. Portanto, cada metro de tubo de PVC, com dimensão de 100 mm, armazena o volume correspondente a um metro quadrado de área de superfície de captação, ou seja 8 litros, resultando em 1 mm de chuva. Desta forma, dividindo-se a área total da superfície de captação (em m²) por 8 (quantidade de litros armazenados em 1 metro de tubo de 100 mm), tem-se a quantidade de tubos de PVC, ficando assim suficientemente dimensionado para armazenar exatamente o primeiro milímetro de chuva.

Figura 19: Dispositivo automático de coleta das primeiras águas de chuva – DESVIUFPE mostrando seu material componente.

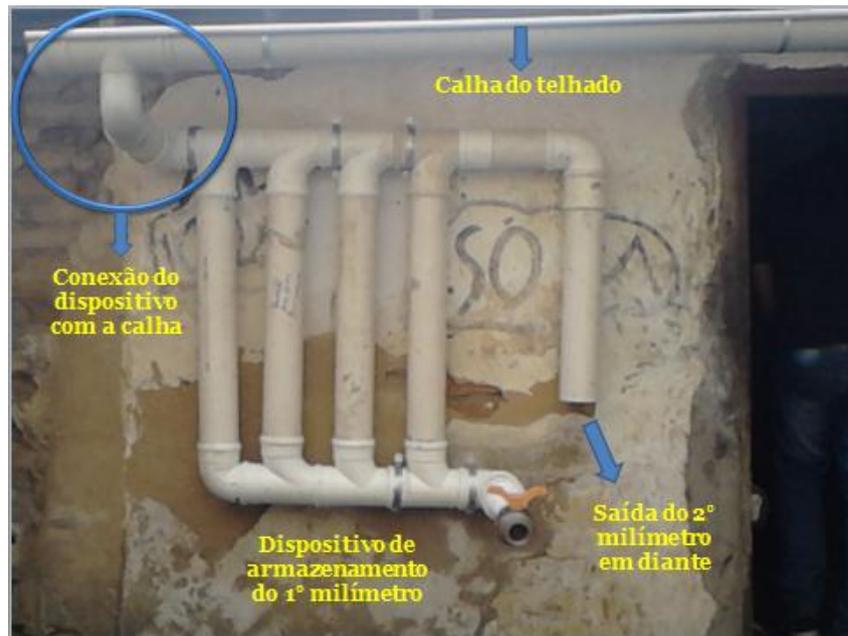


Fonte: Carvalho (2014).

O comprimento final do tubo é dividido, então, em partes menores, de iguais tamanhos, e conectados com “tês” e “joelhos” formando uma “serpentina” e atingindo o tamanho adequado para ser instalado em cada ponto de coleta, e atendendo às condições de cada local (distância da calha e do chão, altura do telhado, etc.). Após montagem do dispositivo, o mesmo é fixado na parede mais próxima da superfície de captação e conectado à calha do telhado.

A partir do início da precipitação, o dispositivo começa a encher, e uma vez totalmente preenchido, o excedente extravasa por uma abertura na parte superior do dispositivo e é, daí, conduzido por um tubo de PVC para um balde (ou bombona), na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim, como mostram as Figura 20 e Figura 21. Na zona rural de Caruaru, o excedente após o primeiro milímetro captado pelo dispositivo é conduzido para armazenamento em cisterna (Figura 22).

Figura 20: Dispositivo instalado na área industrial de Belo Jardim.



Fonte: A Autora (2016).

Figura 21: Dispositivos instalados.

(a) Zona urbana de Caruaru.

(b) Área industrial de Belo Jardim.



Fonte: A Autora (2016).

Figura 22: Conexão do dispositivo com a cisterna na zona rural de Caruaru.



Fonte: Lima *et al.* (2011).

Foram determinadas duas amostragens em cada ponto de coleta, denominadas: DESVIO, que é a amostra coletada oriunda do esvaziamento do dispositivo, correspondente ao primeiro milímetro armazenado no dispositivo; e **após desvio** que corresponde à amostra coletada no balde, onde foi armazenada a precipitação que excedeu 1 mm na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim. Na zona rural de Caruaru, o **após desvio** corresponde à amostra de água coletada na cisterna.

Após o total enchimento do dispositivo com água, era necessário esvaziar-lo e seu conteúdo era levado para análise, sendo este novamente fechado após o esvaziamento, para o recebimento automático das primeiras águas de chuva da próxima precipitação. A precipitação pluviométrica determinou o dia da coleta e foram coletadas amostras de três eventos chuvosos em cada ponto de coleta, dentre os quais houve espaço temporal de, no mínimo, quatro a cinco dias para nova contaminação da atmosfera e da superfície de captação.

4.4 COLETAS E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

Foram realizadas três coletas em cada um dos pontos de monitoramento, no período de Abril a Julho de 2015, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1: Datas de realização das coletas de amostras de água, ano de 2015.

Zona/área	Coletas								
	1			2			3		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Zona rural	24/04	22/04	22/04	17/06	17/06	17/06	09/07	09/07	09/07
Zona urbana	31/05	31/05	-	02/06	08/06	-	25/06	25/06	-
Área industrial	21/07	05/06	05/06	-	10/06	25/06	-	25/06	01/07

Fonte: A Autora (2016).

Durante todas as visitas, os proprietários das residências (zona rural) eram questionados sobre a compra e enchimento das cisternas com água e, em caso afirmativo, sobre a procedência da mesma. Como se pode observar, ocorreu um longo período de estiagem entre as coletas 2 e 3 (XX dias com precipitação acumulada de XX mm no período), realizadas na área rural, o que resultou, por parte dos moradores, no uso de água de procedência desconhecida e com aparência turva. Devendo isso ser considerado na análise dos resultados obtidos.

A água armazenada no dispositivo automático DESVIUFPE, foi totalmente vertida em um balde, onde foi homogeneizada e transferida para dois recipientes, sendo um com capacidade para o armazenamento de 1 L de água a ser destinado para análises físico-químicas e outro com capacidade de 250 ml para análises bacteriológicas (Figura 23), ambos esterilizados em autoclave a 120° C a 1 atm por cerca de 15 minutos. O mesmo procedimento foi efetuado para coleta de amostra no balde (na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim) ou na cisterna (na zona rural de Caruaru). As amostras foram acondicionadas em geladeira e posteriormente em caixas térmicas para serem transportadas ao Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) do Centro Acadêmico do Agreste da UFPE onde foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas.

As coletas na zona rural e urbana de Caruaru foram realizadas pela equipe de trabalho do LEA. Enquanto as coletas da área industrial de Belo Jardim eram realizadas pelos donos das residências onde estavam instalados os respectivos dispositivos, que foram devidamente orientados sobre o procedimento adequado e receberam material, garrafas esterilizadas, luvas e álcool (Figura 23), para realização das mesmas. As amostras eram armazenadas em geladeira e, posteriormente, levadas ao LEA, onde eram analisadas.

Foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Coliformes Totais e *E. coli*) da água de chuva coletada para avaliar sua qualidade e as possíveis alterações destes parâmetros, de acordo com as condições climatológicas e da contaminação atmosférica em cada uma das distintas regiões estudadas. As amostras foram preservadas para posterior análise dos metais, realizada no *Campus* Recife da UFPE. Para tal, agrupou-se o máximo de amostras possíveis, que foram filtradas apenas com papel filtro e armazenadas em geladeira.

Exceto pelo parâmetro oxigênio dissolvido, que foi determinado com o emprego de sonda multiparâmetro, todos os demais parâmetros foram determinados conforme metodologia prevista no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). No que se refere à análise microbiológica, a contagem de coliformes totais e *E.Coli* foi realizada pela metodologia do substrato cromogênico do tipo ChromoCult®. As amostras foram incubadas em estufa bacteriológica a 35°C, por 24 horas (APHA, 2005), após o tempo de incubação, utilizou-se um contador manual de colônias para a contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC). Todas as metodologias empregadas, bem como a possível origem dos parâmetros analisados, estão listadas no Quadro 4.

Figura 23: Material entregue nas residências dos pontos de coleta da área industrial de Belo Jardim.



Fonte: A Autora (2016).

Quadro 4: Parâmetros de qualidade da água analisados conforme metodologia da APHA (2005).

Parâmetro	Método de análise	Possíveis aportes (origem)*		
		ZRur	ZUrb	AInd
Alcalinidade	Titulação potenciométrica	Liberção de íons carbonatos e bicarbonatos liberados do material constituinte do cimento, usado na construção das cisternas de placa.	Composição do material depositado na superfície de captação durante o período de estiagem. A água da chuva em contato com a superfície de cimento pode provocar a sua dissolução, removendo carbonato de cálcio (CaCO ₃) e elevando alcalinidade e dureza.	
Cloretos	Método argentométrico	Adição de grande quantidade de hipoclorito de sódio normalmente utilizado na água de caminhões pipa que abastecem as cisternas.	Tem origem natural ou antrópica, sendo a dissolução de minerais e a intrusão de águas salinas, principalmente em regiões costeiras, as principais fontes. As principais fontes de origem antrópica são os despejos domésticos e industriais, além do retorno de águas utilizadas na irrigação.	
Coliformes totais	Membrana filtrante	Restos de plantas e animais. Dejetos. Manuseio inapropriado da água.		Restos de plantas. Dejetos de roedores.
Condutividade elétrica	Condutométrico	Material particulado – poeira/solo com ação do vento e tráfego (ruas não pavimentadas). A dissolução de íons Cl ⁻ em água, provoca um aumento na condutividade elétrica.	Material particulado – poeira e resíduos de pavimento e gás de escape de veículos. Material em suspensão e dissolvido.	Material particulado – gases (escape de veículos e emissão industrial).
Cor aparente	Espectofotométrico	Deposição de sólidos suspensos e material orgânico de origem animal e vegetal.	Deposição de sólidos em suspensão e poluentes atmosféricos nas superfícies dos telhados durante o período de estiagem.	
Cor verdadeira		Deposição de sólidos suspensos e material orgânico.	Leva em consideração apenas as partículas que estão dissolvidas.	
Dureza total	Titulométrico do EDTA	Passagem da água pelo solo. Proveniente dos sólidos em suspensão no ar devido à movimentação de veículos nas estradas não pavimentadas da zona rural e dissolução de compostos na água armazenada nas cisternas durante o período chuvoso.	Sólidos em suspensão no ar, arraste de sedimentos depositados nos telhados. A presença de magnésio está relacionada com a dureza, visto que essa é influenciada também pelos bivalentes cálcio e magnésio (Ca ⁺² e Mg ⁺²)	
Escherichia Coli	Membrana filtrante	Restos de plantas e animais. Dejetos. Manuseio	Presença de fezes de animais na superfície de captação da chuva. Os telhados podem conter mais ou	

		inapropriado da água.	menos contaminação – tanto biológica como química, dependendo da sazonalidade das chuvas, carreando ao reservatório microrganismos potencialmente patogênicos e/ou substâncias químicas prejudiciais à saúde (TEIXEIRA <i>et al.</i> , 2016).	
Metais (Al, Fe, Mg, Mn, Pb)	Esp. de absorção atômica	-	Materiais da superfície de captação, na construção da cisterna e de poluentes atmosféricos fixados na poeira. Áreas com tráfego intenso e centros urbanos com grande poluição.	Emissões poluentes por atividades industriais e urbanas ou inseticidas agrícolas.
Sólidos totais	Gravimétrico	Deposição de sólidos suspensos e material orgânico de origem animal e vegetal nas calhas e telhado, geralmente durante o período de estiagem.	Deposição de sólidos suspensos no ar e movimentação de veículos.	Deposição de sólidos suspensos e atividades industriais.
Sólidos totais dissolvidos				
Turbidez	Turbidimétrico	Deposição de sólidos em suspensão e restos de animais e plantas no telhado e nas calhas.	Deposição de poluentes atmosféricos nas superfícies dos telhados durante o período de estiagem.	

ZRur = zona rural | ZUrb = zona urbana | AInd = área industrial | Esp. = Espectrofotometria. | * = mais significativos.

Fonte: A Autora (2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados neste capítulo os resultados obtidos com o monitoramento da qualidade da água em cada um dos pontos de amostragem buscando-se discutir as possíveis interferências de suas especificidades locais na qualidade da água captada, assim como o desempenho do DESVIUFPE na retenção das impurezas.

De uma forma geral, os resultados estão agrupados por zona/área com características específicas (rural, urbana e industrial). No Quadro 5 está apresentada a nomenclatura empregada na apresentação dos resultados, conforme local de coleta e a respectiva característica de uso e ocupação do solo predominante na área de estudo.

Quadro 5: Identificação das amostras.

Nomenclatura da amostra	Local de coleta	Característica da área de estudo
Desvio urbana	Interior do desvio	Zona urbana
Desvio rural		Zona rural
Desvio industrial		Área industrial
Após desvio urbana	Balde*	Zona urbana
Cisterna	Interior da cisterna*	Zona rural
Após desvio industrial	Bombona ou balde*	Área industrial

* Segundo milímetro em diante.

Fonte: A Autora (2016).

5.1 ZONA RURAL

Nas Figuras 24 até 31 estão apresentados os valores de mediana, do quartil de 25 a 75%, de mínimo e máximo, e os *outliers* dos parâmetros investigados e obtidos da água coletada no **interior do desvio** e no **interior da cisterna**, localizados na zona rural.

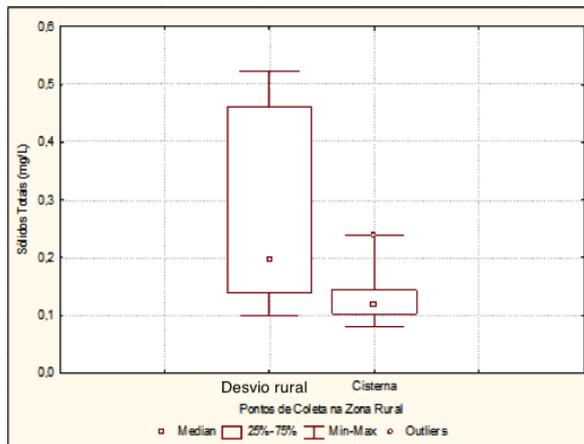
5.1.1 Sólidos Totais e Dissolvidos

Nas Figuras 24a e 24b estão apresentados os resultados de sólidos totais e sólidos totais dissolvidos, respectivamente.

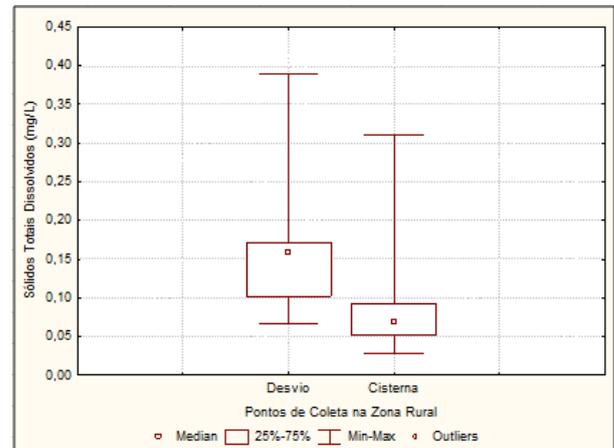
Ambos os parâmetros, sólidos totais (ST) e sólidos totais dissolvidos (STD), não têm os limites estabelecidos na NBR 15.527 (ABNT, 2007). No que se refere à Portaria No. 2.914 (MS, 2011), esta só faz menção ao limite de 1.000 mg/L para STD, não estabelecendo qualquer limite para ST.

Figura 24: Diagrama *box-plot* de sólidos totais e dissolvidos.

(a) Sólidos totais (mg/L).



(b) Sólidos totais dissolvidos (mg/L).



Fonte: A Autora (2016).

Com relação aos resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de ST mostraram significativa variação, Figura 24a, sendo 0,10 mg/L (na coleta 2 do ponto 3) e 0,52 mg/L (na coleta 3 do ponto 2), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Também houve variação dos valores extremos de STD, Figura 24b, sendo 0,07 mg/L (na coleta 3 do ponto 2) o valor mínimo e 0,39 mg/L (na coleta 2 do ponto 2) o valor máximo. No entanto, todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido na Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

No **interior das cisternas**, os valores de ST mostraram variação menor, Figura 24a, sendo 0,08 mg/L (na coleta 1 do ponto 2 e na coleta 2 do ponto 3) e 0,24 mg/L (na coleta 2 do ponto 2), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Para STD, os resultados apresentaram maior variação que o parâmetro anterior, e os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, de 0,03 mg/L (na coleta 3 do ponto 3) e 0,31 mg/L (na coleta 1 do ponto 2).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **interior da cisterna** para ST e STD, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 2: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de ST e STD do **interior do desvio** em relação à **cisterna**– zona rural.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
ST	mg/L	0,02	0,4	0,02	0,03	0,2	0,02	0,096	0,34	0,14
	%	15,7	82,6	15,7	22,8	49,6	16,3	48,5	64,7	49,6
STD	mg/L	0,1	-0,04	0,1	0,01	0,4	0,01	0,10	-0,03	0,10
	%	67,0	-15,6	67,1	9,8	89,7	9,8	59,3	-48,5	78,8

ST = Sólidos totais | STD = Sólidos totais dissolvidos.

Fonte: A Autora (2016).

Observou-se a redução nos teores de ST em todas as amostras analisadas (Tabela 2), tendo sido a remoção máxima de 82,61% (na coleta 1 do ponto 2) e a mínima de 15,71% (nas primeiras coletas dos pontos 1 e 3).

Com relação à STD, houve redução na maioria das amostras, com exceção de duas amostras (coleta 1 do ponto 2 e coleta 3 do ponto 2), apresentando um aumento máximo de 48,48% (de 0,07 mg/L para 0,10 mg/L) e aumento mínimo de 15,67% (de 0,27 mg/L para 0,31 mg/L), respectivamente. Este aumento no teor de STD da água armazenada na cisterna pode ser resultado do revolvimento de sedimentos que estavam no fundo cisterna na ocasião de seu enchimento (por chuva ou por carro-pipa). Por outro lado, a maior redução do teor de STD entre o desvio e a cisterna foi de 89,74% (na coleta 2 do ponto 2) e a menor foi de 9,80% (na coleta 2 do ponto 1).

5.1.2 Turbidez, cor aparente e cor verdadeira

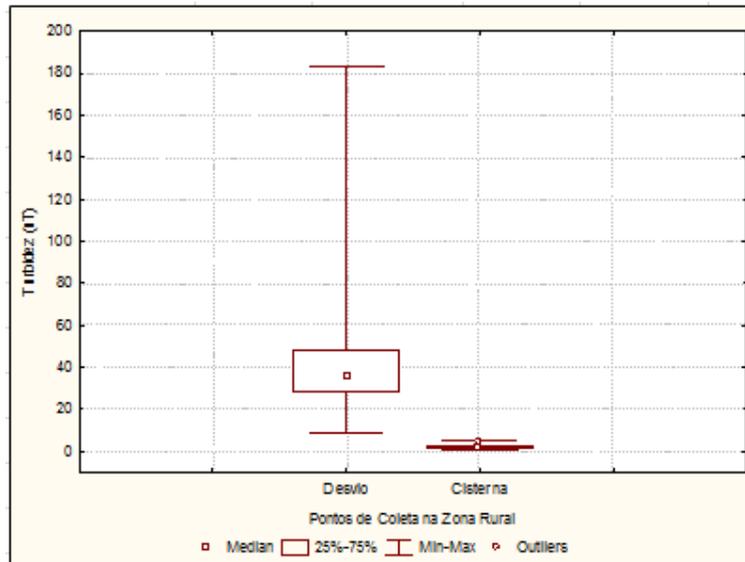
Nas Figuras 25, 26a e 26b estão apresentados os resultados de turbidez, cor aparente e cor real, respectivamente.

Com relação aos valores limites apresentados nos documentos Normativos, tanto a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) como a NBR 15.527 (ABNT, 2007), para usos menos restritivos, estabelecem para turbidez o limite de 5 uT para, respectivamente, o uso da água em fins potáveis e o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Neste cenário, nenhuma amostra no **interior do desvio** atendeu ao limite. Com relação ao parâmetro cor aparente, ambas as Normas estabelecem o limite de 15 uH (= mgPt-Co/L).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, tanto os valores de cor aparente quanto de turbidez mostraram variação. Para turbidez, Figura 25, foram observados os valores mínimo e máximo, de 8,31 e 183 uT. Os altos teores de turbidez observados (acima de 5 uT) podem estar associados ao carregamento de partículas como consequência do cenário

observado no entorno dos pontos de coleta, onde se encontram: solo exposto, grande movimentação de veículos e ônibus escolares em estrada não pavimentada, e grandes períodos de estiagem.

Figura 25: Diagrama *box-plot* da turbidez (uT).

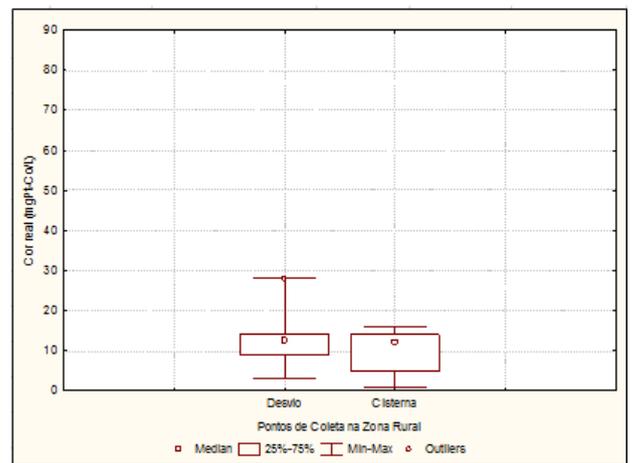
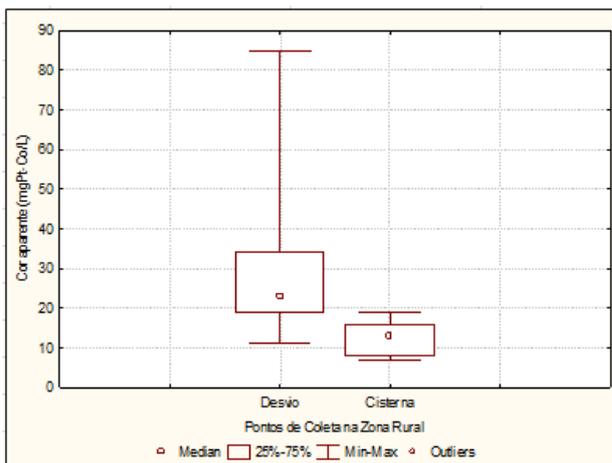


Fonte: A Autora (2016).

Figura 26: Diagrama *box-plot* da cor aparente e cor real.

(a) Cor aparente (mgPt-Co/L).

(b) Cor real (mgPt-Co/L).



Fonte: A Autora (2016).

Sobre o parâmetro cor, Figuras 26a e 26b, os valores mínimo e máximo observados foram 11,33 e 85 mgPt-Co/L para cor aparente e 3 e 28 mgPt-Co/L para cor real. Com relação aos valores limites dos documentos Normativos, ambas estabelecem o limite de 15 uH (=

mgPt-Co/L), e apenas uma amostra de uma coleta atendeu a esse limite (11,33 mgPt-Co/L na coleta 2 do ponto 1).

No **interior das cisternas**, observa-se que, nos três parâmetros, os valores extremos se mantiveram próximos com destaque para a turbidez com 0,72 e 4,94 uT, e ocorreu melhora na qualidade da água em todas as amostras com teores de turbidez abaixo dos limites de ambos os documentos norteadores. Para cor aparente os limites foram 7 e 19 mgPt-Co/L, e se observou a melhora na qualidade da água e redução do teor de cor aparente de todas as amostras, sendo que em cinco delas os valores ficaram abaixo dos limites das Normas (7 mgPt-Co/L na coleta 1 do ponto 1; 8 mgPt-Co/L na coleta 1 do ponto 2; 7,67 mgPt-Co/L na coleta 2 do ponto 1; 13 mgPt-Co/L na coleta 3 do ponto 1; 12,66 mgPt-Co/L na coleta 3 do ponto 2).

Os valores de cor aparente observados na cisterna do ponto 3 nas três coletas podem estar associados a uma ou ambas possibilidades (levantadas de inspeção visual e consulta aos moradores por ocasião das visitas a campo): manuseio e limpeza do reservatório realizados pelos próprios proprietários, e eventual compra de água de carros pipa. No que se refere à cor real os limites observados foram 1 e 16 mgPt-Co/L, mas não serão discutidos à luz das Normas, pois nenhuma delas faz referência ao limite do teor de cor real para definição de uso.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **interior da cisterna** para os parâmetros turbidez, cor aparente e cor real, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 3: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Turbidez, Cor aparente e Cor real do **interior do desvio** em relação à **cisterna**– zona rural.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Turbidez	uT	46,6	180,4	34,7	8,6	41,8	6,5	23,6	26,1	68,6
	%	96,7	98,6	97,9	85,6	95,8	78,6	82,7	91,3	98,5
Cor aparente	**	16,0	77,0	19,0	3,7	5,0	1,0	5,0	13,3	18,3
	%	69,6	90,6	50,0	32,3	23,8	5,3	27,7	51,3	53,9
Cor real	**	4,0	6,0	12,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,66	0,0
	%	44,4	54,5	42,9	12,5	7,7	6,2	66,6	5,2	0,0

** mgPt-Co/L.

Fonte: A Autora (2016).

Observando-se a Tabela 3, ao se comparar os valores obtidos no **interior do desvio** e no **interior da cisterna**, de cada uma das três coletas em cada um dos três pontos desta zona, verifica-se que a máxima redução foi de cerca de 98% no teor de turbidez no ponto 2 da

coleta 1 (de 183 uT para 2,57 uT) e no ponto 3 da coleta 3 (69,7 uT para 1,08 uT), que também corresponderam às maiores reduções nos teores de sólidos totais (Tabela 2). A menor redução observada de turbidez foi de cerca de 78,58% (de 8,31 uT para 1,78 uT, na coleta 2 do ponto 3), onde ocorreu a segunda menor redução no teor de sólidos totais.

Sobre o parâmetro cor aparente, a maior redução foi de 90,59% (de 85 para 8 mgPt-Co/L, observado na coleta 1 do ponto 2) e a menor foi de 5,26% (de 19 para 18 mgPt-Co/L, observado na coleta 2 do ponto 3). No que se refere à cor real, a maior redução foi de aproximadamente 66,6% (de 3 para 1 mgPt-Co/L, na coleta 1 do ponto 3) e a menor foi de 0% (observada na coleta 3 do ponto 3).

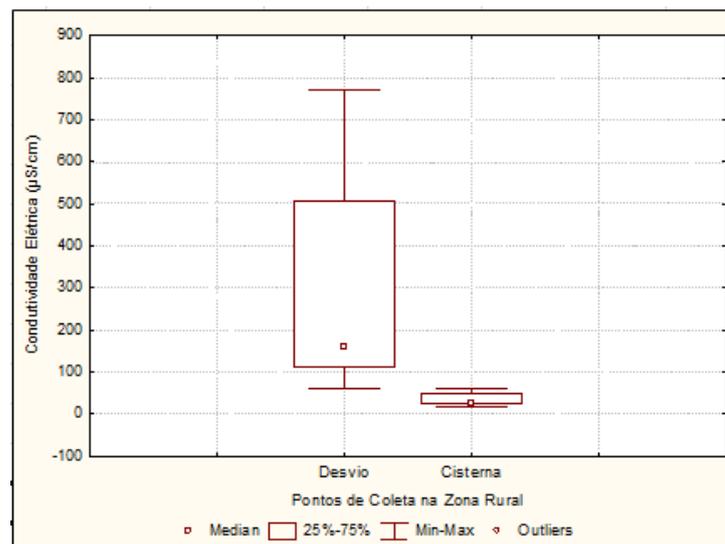
5.1.3 Condutividade elétrica e alcalinidade total

Nas Figuras 27 e 28 estão apresentados os resultados de condutividade elétrica (CE) e alcalinidade total, respectivamente.

Estes parâmetros não têm limite definido em nenhum dos dois documentos Normativos considerados neste trabalho, não cabendo, portanto, a associação de seus valores com a indicação do uso da água para fins potáveis e/ou para fins não potáveis, respectivamente, Portaria No. 2.914 (MS, 2011) e NBR 15.527 (ABNT, 2007).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de CE mostraram uma variação (Figura 27) e foram observados os valores mínimo e máximo, de 62 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 1 do ponto 3) e 772 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 1 do ponto 2).

Figura 27: Diagrama *box-plot* da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).



Fonte: A Autora (2016).

Também foram observados valores elevados em outras três amostras (303 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na coleta 2 do ponto 3; 303 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na coleta 3 do ponto 2; 671 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na coleta 2 do ponto 2). Desta forma, o ponto 2 destaca-se por apresentar valores elevados nas três coletas realizadas, sugerindo um aporte recorrente de material particulado (poeira/solo). Isto pode estar associado à localização desta instalação que, além de ser em uma rua não pavimentada, tem tráfego intenso devido ao acesso a outras vias e à proximidade de escola, igreja, supermercado e a sede da associação de moradores da comunidade. Portanto, assim como observado no caso de turbidez, os altos teores de CE podem estar associados ao carreamento de partículas como consequência do cenário observado no entorno dos pontos de coleta.

No **interior das cisternas**, observa-se que os valores extremos se mantiveram próximos, sendo 15,90 e 61,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, os valores mínimo e máximo, respectivamente.

Figura 28: Diagrama *box-plot* da alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$).



Fonte: A Autora (2016).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de alcalinidade total mostraram variação e foram observados os valores mínimo e máximo, de 18 e 287,20 mgCaCO_3/L (na coleta 3 do ponto 2). Também foram observados valores elevados nas outras duas amostras da coleta 3 (247,60 mgCaCO_3/L no ponto 1; e 233,00 mgCaCO_3/L no ponto 3). Assim como observado no caso de turbidez e CE, os elevados teores de alcalinidade total observados podem estar associados ao carreamento de partículas.

No **interior das cisternas**, observa-se que os valores extremos mostraram significativa variação, sendo 187,60 e 1739,80 mgCaCO_3/L (na coleta 3 do ponto 3), os

valores mínimo e máximo, respectivamente. Assim como observado no **interior do desvio**, os valores mais elevados de alcalinidade total foram encontrados na coleta 3 (1058,40 mgCaCO₃/L no ponto 1; e 1399,80 mgCaCO₃/L no ponto 2). Tais valores devem estar relacionados como o aporte de água de barreiros para enchimento das cisternas, devido ao período de estiagem severa.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **interior da cisterna** para os parâmetros condutividade elétrica e alcalinidade total, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 4: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de CE e Alcalinidade total do **interior do desvio** em relação à **cisterna**– zona rural.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Condutividade Elétrica	***	101,1	723,2	15,7	95,6	610,0	242,0	79,8	482,5	133,0
	%	78,9	93,7	25,3	85,7	90,9	79,8	74,9	95,5	84,6
Alcalinidade Total	**	-169,6	-207,2	-152,4	-169,6	-323,2	-256,4	-810,8	-1112,6	-1506,8
	%	-942,2	-357,2	-297,6	-942,2	-820,3	-909,2	-327,5	-387,3	-646,7

*** $\mu\text{S}/\text{cm}$ | ** mg CaCO₃/L.

Fonte: A Autora (2016).

Como observado na Tabela 4, ao se comparar os valores obtidos no **interior do desvio** e no **interior da cisterna**, de cada uma das três coletas realizadas nos três pontos desta zona, verifica-se que a máxima redução foi de cerca de 95,55% no teor de CE (de 505 para 22,48 $\mu\text{S}/\text{cm}$, obtida na coleta 3 do ponto 2). A menor redução observada para condutividade foi de cerca de 25,32% (de 62 para 46,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, observado na coleta 1 do ponto 3).

Não houve redução da alcalinidade total em relação às amostras da cisterna, como pode-se observar na Figura 28, havendo inclusive, grande aumento deste parâmetro nas amostras coletadas nas cisternas, apresentando um aumento mínimo de 297,66% (com aumento de 51,20 para 203,60 mg CaCO₃/L, na coleta 1 do ponto 3) e máximo de 942,22% (de 18 para 187,60 mg CaCO₃/L, nas coletas 1 e 2 do ponto 1). Este parâmetro não foi considerado para análise do desempenho do dispositivo uma vez que os valores encontrados devem estar relacionados como o aporte de água de barreiros para enchimento das cisternas, conforme explicado anteriormente.

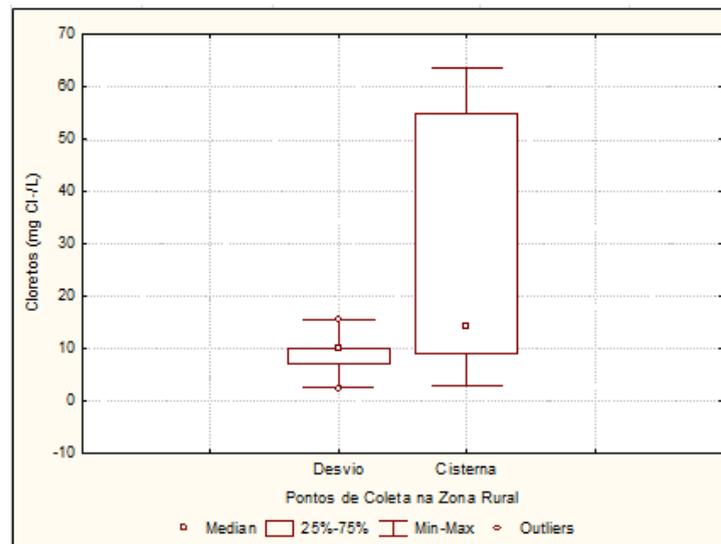
5.1.4 Cloretos e dureza total

Nas Figuras 29 e 30 estão apresentados os resultados de cloretos e dureza total, respectivamente.

Estes parâmetros não têm limite definido na NBR 15.527 (ABNT, 2007), mas pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011), o limite estabelecido para cloretos de é 250 mg Cl⁻/L e para dureza total é de 500 mg CaCO₃/L.

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de cloretos mostraram uma menor variação e foram observados os valores mínimo e máximo, de 2,33 Cl⁻/L (na coleta 3 do ponto 1) e 15,50 mg Cl⁻/L (na coleta 1 do ponto 2), valores inferiores ao limite máximo previsto na Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

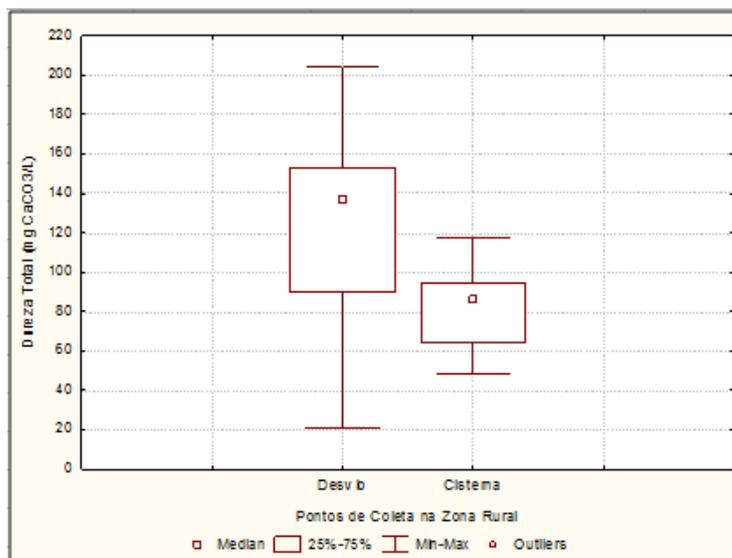
Figura 29: Diagrama *box-plot* de cloretos (mg Cl⁻/L).



Fonte: A Autora (2016).

No **interior das cisternas**, os resultados de cloretos tiveram comportamento semelhante ao da alcalinidade total, apresentando valores muito superiores nas amostras do **interior das cisternas** e com significativa variação, como visto na Figura 29, com valores mínimo de 2,65 mg Cl⁻/L (na coleta 3 do ponto 1) e máximo de 63,48 mg Cl⁻/L (na coleta 1 do ponto 3). Apesar do aumento de cloretos na água armazenada nas cisternas, todas as amostras atenderam ao limite estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011). A existência de cloretos na água armazenada nas cisternas que também foi observado por Carvalho (2014) e associado à provável cultura local de inserção de hipoclorito de sódio na água de abastecimento (cisternas e fornecidas pelos carros pipa).

Figura 30: Diagrama *box-plot* de dureza total (mg/L CaCO₃).



Fonte: A Autora (2016).

Sobre os resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de dureza total mostraram variação, sendo 20,89 mgCaCO₃/L (na coleta 3 do ponto 1) e 203,84 mgCaCO₃/L (na coleta 2 do ponto 2), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Apesar do valor observado, este parâmetro se encontra abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

No **interior das cisternas**, os valores de dureza total mostraram variação, sendo 48,21 (na coleta 3 do ponto 1) e 117,60 mg CaCO₃/L (na coleta 2 do ponto 2), os valores mínimo e máximo, respectivamente, que, como era de se esperar, estão abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

Na Tabela 5 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **interior da cisterna** para os parâmetros dureza total e cloretos, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Observa-se na Tabela 5 um aumento máximo de 807,14% (de 7 para 63,48 mg Cl-/L, na coleta 1 do ponto 3) e mínimo de 13,49% (de 2,33 para 2,65 mg Cl-/L, na coleta 3 do ponto 1) de cloretos em relação às amostras das cisternas da zona rural, no entanto, havendo remoção em apenas uma das amostras, de 10 para 7,5 mg Cl-/L, na coleta 1 do ponto 1, que corresponde a 25%. Nas demais amostras verificou-se um aumento no teor deste parâmetro em relação à respectiva amostra do **interior do desvio**, indicado pelo sinal negativo (Tabela 5).

Tabela 5: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Dureza total e Cloretos do **interior do desvio** em relação à **cisterna**– zona rural.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Dureza Total	**	47,04	62,72	7,84	3,92	86,24	43,12	-27,32	90,16	26,26
	%	30,77	40,00	9,09	4,35	42,31	31,43	-130,77	61,17	29,13
Cloretos	***	2,50	-39,49	-56,48	-4,65	-1,50	-5,00	-0,32	-47,48	-3,35
	%	25,00	-254,84	-807,14	-82,30	-20,00	-50,00	-13,49	-475,00	-31,31

** mg CaCO₃/L | *** mg Cl-/L.

Fonte: A Autora (2016).

Com relação à dureza total, de acordo com a Tabela 5, ao se comparar os valores obtidos no **interior do desvio** e no **interior da cisterna**, nas três coletas em cada um dos três pontos desta zona, verifica-se que a máxima redução de dureza total foi de cerca de 61% (de 147,40 para 57,23 mg CaCO₃/L, observada na coleta 3 do ponto 2) e a menor redução foi de cerca de 4,35% (variando entre 90,16 e 86,24 mg CaCO₃/L na coleta 2 do ponto 1). Houve ainda um aumento de 130,77% na amostra da coleta 3, no ponto 1 (com variação de 20,89 para 48,21 mg CaCO₃/L).

5.1.5 Coliformes Totais e *E. coli*

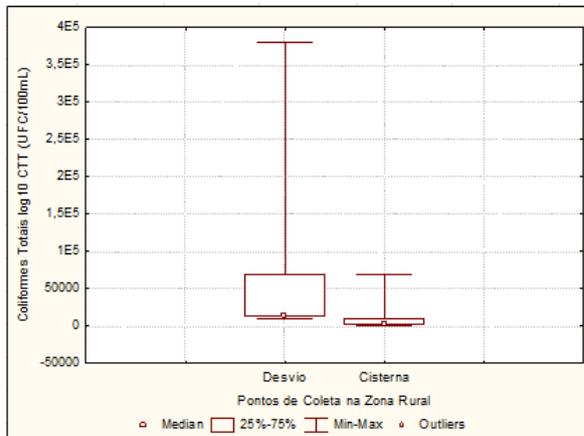
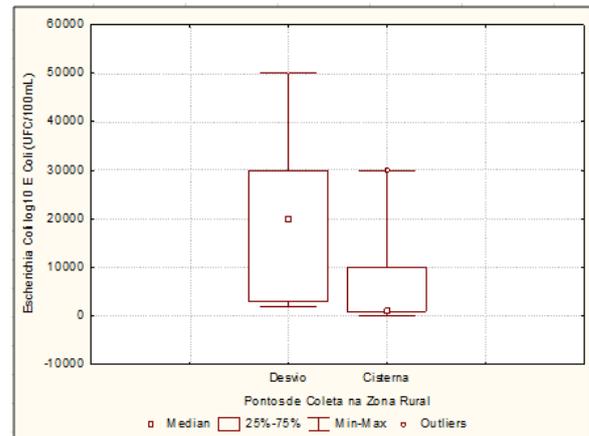
Nas Figuras 31a e 31b estão apresentados os resultados de coliformes totais e *E. coli*.

Com relação aos coliformes totais, em ambas as Normas (ABNT, 2007; MS, 2011) está estabelecido a ausência em 100 mL, sendo que no caso da Portaria No. 2.914, esta restrição se refere à água da saída do tratamento, não havendo, portanto, restrição deste parâmetro para a água bruta. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) estabelece a ausência de coliformes termotolerantes (que engloba o *E. coli*) em 100 mL de água e a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) estabelece a ausência de *E. coli* em 100 mL.

Com relação aos resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de coliformes totais mostraram significativa variação, sendo o máximo de 380.000 UFC/100mL (na coleta 1 do ponto 3) e o mínimo de 10.000 UFC/100mL (na coleta 2 do ponto 2 e na coleta 3 do ponto 3). Logo, todas as amostras apresentaram teor de coliformes totais acima do limite estabelecido nas Normas.

Figura 31: Diagrama *box-plot* de coliformes totais e *E. coli*.

(a) Coliformes totais (UFC/100 ml).

(b) *E. coli* (UFC/100 ml).

Fonte: A Autora (2016).

Com relação à *E. coli*, observa-se que os valores extremos mostraram variação, sendo no máximo 50.000 UFC/100mL (na coleta 1 do ponto 2) e no mínimo 2.000 UFC/100mL (na coleta 2 do ponto 2, na coleta 3 do ponto 2). Logo, todas as amostras apresentaram teor de *E. coli* acima do limite estabelecido nas Normas.

No **interior das cisternas**, os valores de coliformes totais mostraram uma variação menor, desde a ausência de coliformes (coleta 2 do ponto 1) até o valor máximo de 70.000 UFC/100mL (coleta 1 do ponto 2). Com relação à *E. coli*, observa-se que o mesmo variou desde a ausência de *E. coli* (coleta 2 do ponto 1) até o valor máximo de 30.000 UFC/100mL (na coleta 1 do ponto 2). Logo, exceto para a cisterna do ponto 1, as demais amostras apresentaram teor de coliformes acima do limite estabelecido nas Normas.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores de coliformes totais e *E. coli* observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **interior da cisterna**, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 6: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Coliformes totais e *E. coli* do **interior do desvio** em relação à **cisterna**– zona rural.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Coliformes Totais	**	11.000	-56.000	368.000	30.000	0,0	68.000	78.000	4.000	8.000
	%	78,6	-400,0	96,8	100,0	0,0	97,1	97,5	28,6	80,0
<i>Escherichia Coli</i>	**	1.000	20.000	29.000	20.000	1.000	39.000	20.000	1.000	0,0
	%	33,3	40,0	96,7	100,0	50,0	97,5	66,7	50,0	0,0

** UFC/100mL.

Fonte: A Autora (2016).

Observa-se na Tabela 6 que houve remoção dos dois parâmetros na maioria das amostras, com exceção da amostra do ponto 2 da coleta 1 em que houve um aumento no teor de coliformes totais de 400% (de 14.000 para 70.000 UFC/100mL). Destacam-se os resultados obtidos em dois pontos em que não foram observadas reduções no teor de coliformes totais (ponto 2 da coleta 2) e no teor de *E. coli* (ponto 3 da coleta 3). Nas demais amostras as reduções variaram, no caso de coliformes totais, de 29% (coleta 3 do ponto 2) até 100% (coleta 2 do ponto 1), tendo se observado reduções da ordem de 80% ou mais, no restante das amostras. Com relação à *E. coli*, nas demais amostras as reduções variaram de 33% (coleta 1 do ponto 1) até 100% (coleta 2 do ponto 1), tendo se observado reduções da ordem de 40% ou mais, no restante das amostras.

5.2 ZONA URBANA

Nas Figuras 32 até 39 estão apresentados os valores de mediana, do quartil de 25 a 75%, de mínimo e máximo, e os *outliers* dos parâmetros investigados e obtidos da água coletada no **interior do desvio** e no **após desvio**, localizados na zona urbana.

5.2.1 Sólidos Totais e Dissolvidos

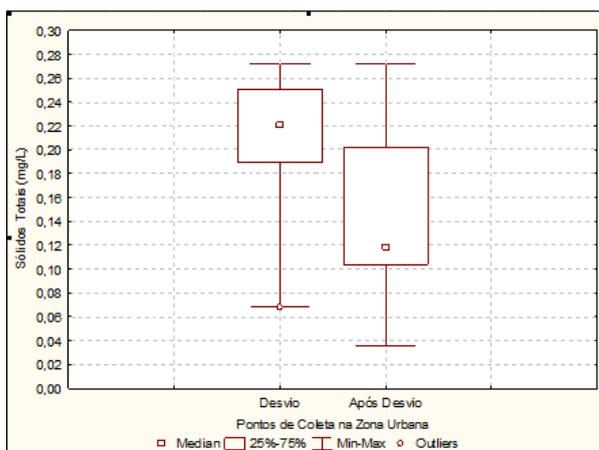
Nas Figuras 32a e 32b estão apresentados os resultados de sólidos totais (ST) e sólidos totais dissolvidos (STD), respectivamente.

Na NBR 15.527 (ABNT, 2007), ambos os parâmetros, ST e STD, não tiveram seus limites estabelecidos. No que se refere à Portaria No. 2.914 (MS, 2011), esta só faz menção ao limite de 1.000 mg/L para STD, não estabelecendo limite para ST.

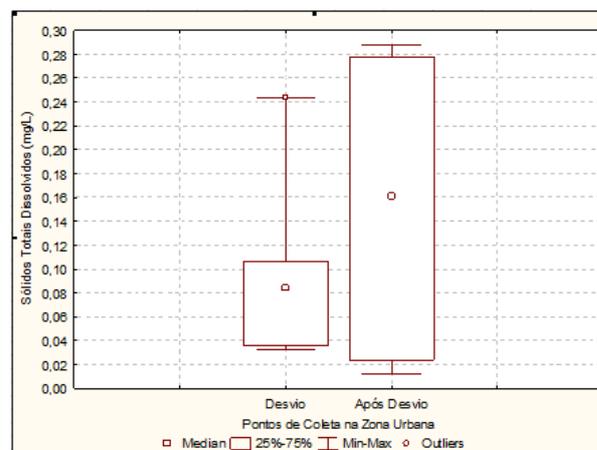
Com relação aos resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de ST mostraram variação (Figura 32a) sendo 0,07 mg/L (na coleta 3 do ponto 2) e 0,27 mg/L (na coleta 3 do ponto 1), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Também houve variação dos valores de STD, Figura 32b, sendo 0,03 mg/L (na coleta 1 do ponto 1) o valor mínimo e 0,24 mg/L (na coleta 3 do ponto 1) o valor máximo. No entanto, todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido na Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

Figura 32: Diagrama *box-plot* de sólidos totais e dissolvidos.

(a) Sólidos totais (mg/L).



(b) Sólidos totais dissolvidos (mg/L).



Fonte: A Autora (2016).

No **após desvio**, os valores extremos de ST mostraram uma variação semelhante ao **interior do desvio**, Figura 32a, sendo 0,04 mg/L (na coleta 3 do ponto 2) e 0,27 mg/L (na coleta 3 do ponto 1), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Para STD, os resultados dos valores extremos apresentaram maior variação, com um aumento deste parâmetro em algumas amostras analisadas, e os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, de 0,01 mg/L (na coleta 2 do ponto 2) e 0,29 mg/L (na coleta 1 do ponto 1).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para ST e STD, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 7: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de ST e STD do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – zona urbana.

Parâmetro		Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3	
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2
ST	mg/L	0,05	0,10	0,10	0,09	0,00	0,03
	%	19,20	44,35	49,06	45,26	0,00	47,06
STD	mg/L	-0,26	-0,21	0,00	0,09	0,02	0,01
	%	-800,00	-308,82	0,00	88,68	9,02	33,33

ST = Sólidos totais | STD = Sólidos totais dissolvidos.

Fonte: A Autora (2016).

Observou-se, conforme a Tabela 7, que ocorreu redução nos teores de ST em quase todas as amostras analisadas, com exceção da coleta 3 do ponto 1, na qual foi detectada 0,27

mg/L de ST (Figura 32a) e não houve nenhuma remoção. A remoção máxima de ST foi de 49,06% na coleta 2 do ponto 1 (de 0,21 para 0,11 mg/L).

Com relação à STD, houve redução em metade das amostras analisadas, sendo a máxima redução de cerca de 88% na coleta 2 do ponto 2 (de 0,11 para 0,01 mg/L) e a nenhuma redução na coleta 2 do ponto 1 (sendo detectado 0,10 mg/L, Figura 32b). Foi observado um aumento de STD em duas amostras, tendo a coleta 1 do ponto 2 apresentado aumento de 308,82% (de 0,07 para 0,28 mg/L) e a coleta 1 do ponto 1 um aumento de 800% (de 0,03 para 0,29 mg/L). O aumento de STD **após o desvio** pode estar associado à combinação de dois fatores observados na coleta 1 dos pontos 1 e 2: excesso de material particulado na atmosfera por conta da circunvizinhança e intensidade elevada da precipitação que gerou o acúmulo da água analisada.

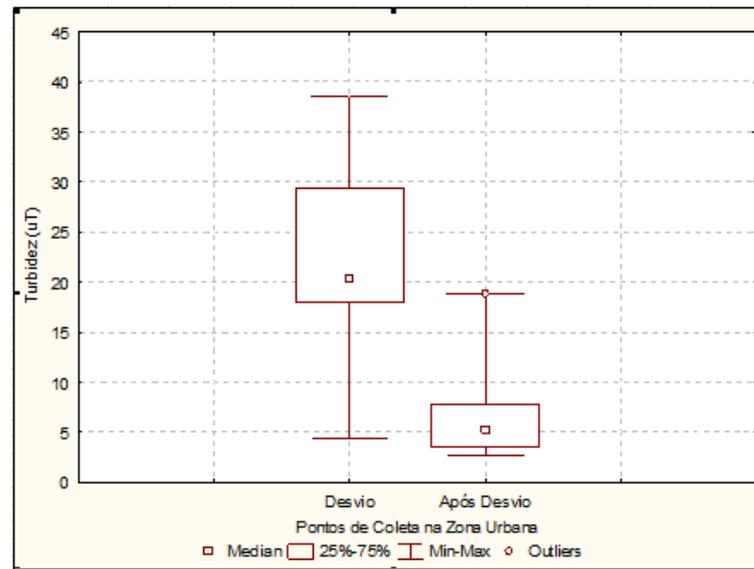
No entanto, todas as amostras apresentaram valores dentro do permitido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011), com valor máximo de 0,29 mg/L no **após o desvio** da zona urbana.

5.2.2 Turbidez, cor aparente e cor verdadeira

Nas Figuras 33, 34a e 34b estão apresentados os resultados de turbidez, cor aparente e cor real, respectivamente.

Com relação aos documentos Normativos, a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) para o uso da água em fins potáveis, bem como a NBR 15.527 (ABNT, 2007) para aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, estabelecem o limite de 5 uT para o parâmetro turbidez. Com relação ao parâmetro cor aparente, ambas as Normas estabelecem o limite de 15 uH (= mgPt-Co/L).

Apenas a amostra do **interior do desvio** da coleta 2 do ponto 1 atendeu ao limite para turbidez das Normas, Figura 33, apresentando o valor de 4,29 uT (na coleta 2 do ponto 2), sendo este o mínimo detectado. As demais amostras tiveram valores acima do limite, sendo 38,60 uT o valor máximo, observado na coleta 2 do ponto 1. Os elevados teores de turbidez observados (acima de 5 uT) podem estar associados ao carreamento de partículas de sólidos em suspensão e deposição de poluentes atmosféricos nas superfícies dos telhados durante o período de estiagem.

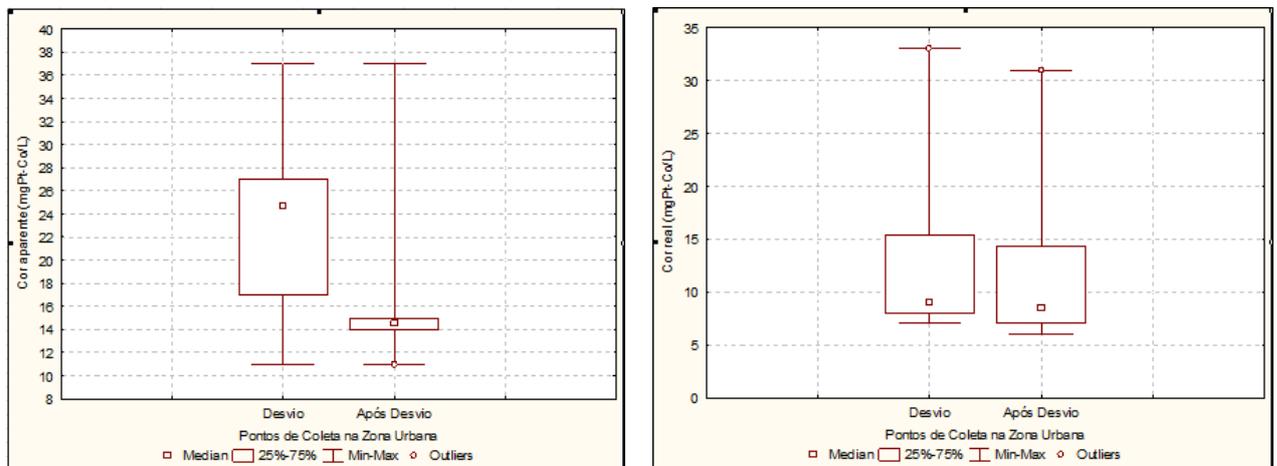
Figura 33: Diagrama *box-plot* da turbidez (uT).

Fonte: A Autora (2016).

Figura 34: Diagrama *box-plot* da cor aparente e cor real.

(a) Cor aparente (mgPt-Co/L).

(b) Cor real (mgPt-Co/L).



Fonte: A Autora (2016).

Os dados de cor aparente (Figura 34a) mostraram variação, sendo 11 mgPt-Co/L o valor mínimo (na coleta 2 do ponto 1), e esta a única amostra de cor aparente que atendeu ao limite das Normas, e 37 mgPt-Co/L o valor máximo (na coleta 1 do ponto 2), assim como cor real (Figura 34b), com valores de 7 mgPt-Co/L para o mínimo (na coleta 3 do ponto 1) e 33 mgPt-Co/L para o máximo (na coleta 1 do ponto 2), apesar deste parâmetro não ter limite estabelecido nas Normas utilizadas como referência.

Com relação aos dados obtidos no **após desvio**, ocorreu redução dos teores de turbidez em todas as amostras, no entanto, metade delas continuaram acima do limite das Normas

(5,88 uT na coleta 1 do ponto 2; 7,71 uT na coleta 2 do ponto 2; e 18,83 uT na coleta 3 do ponto 1). Os valores mínimo e máximo detectados para turbidez foram, respectivamente, 2,65 uT na coleta 3 do ponto 2 e 18,83 uT na coleta 3 do ponto 1.

Não houve alteração dos valores extremos de cor aparente em relação às amostras do **interior do desvio**, e corresponderam aos extremos (valores e pontos/coletas) observados apresentando, identicamente, 11 mgPt-Co/L como valor mínimo (na coleta 2 do ponto 1) 37 mgPt-Co/L como valor máximo (na coleta 1 do ponto 2) nas amostras do **após desvio**, contudo, esta amostra (de valor máximo) foi a única que ultrapassou o limite dos documentos Normativos após o descarte do primeiro milímetro.

Para cor real, houve redução dos valores extremos das amostras em relação ao **interior do desvio**, com 6 mgPt-Co/L sendo o mínimo (na coleta 3 do ponto 1) e 31 mgPt-Co/L, o máximo (na coleta 1 do ponto 2).

Com relação ao desempenho do DESVIUFPE, verificou-se pouca variação dos teores de cor no **interior do desvio** em relação às amostras coletadas após o desvio do primeiro milímetro.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para os parâmetros turbidez, cor aparente e cor real, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Observando-se a Tabela 8 abaixo, verifica-se que a máxima redução foi de cerca de 85% no teor de turbidez na coleta 3 do ponto 1 (de 18,03 uT para 2,65 uT). A menor redução observada de turbidez foi de cerca de 15,2% (de 22,20 uT para 18,83 uT, na coleta 3 do ponto 2).

Tabela 8: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Turbidez, Cor aparente e Cor real do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – zona urbana.

Parâmetro		Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3	
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2
Turbidez	uT	12,6	24,9	30,9	0,7	15,4	3,4
	%	68,1	84,8	80,03	17,0	85,3	15,2
Cor aparente	**	0,0	13,0	9,0	0,0	10,3	3,0
	%	0,0	48,2	37,5	0,0	40,8	17,6
Cor real	**	2,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0
	%	6,06	12,5	0,0	12,5	6,5	14,3

** mgPt-Co/L.

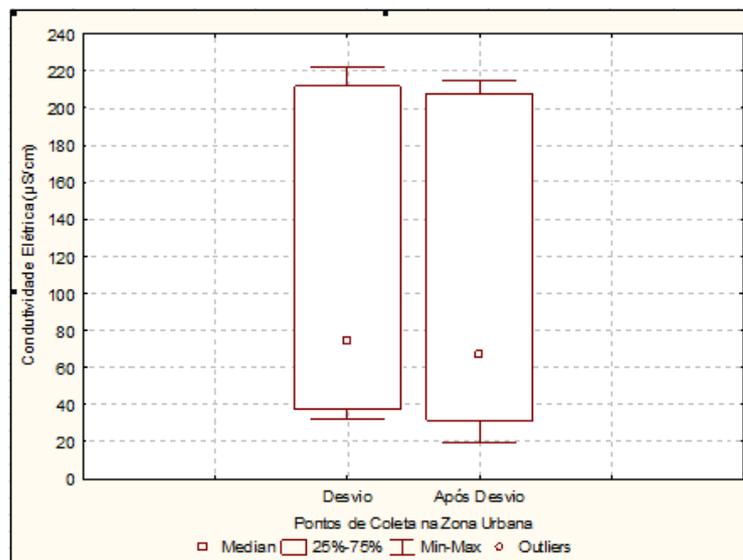
Fonte: A Autora (2016).

Sobre o parâmetro cor aparente, a maior redução foi de 48,2% (de 27 para 14 mgPt-Co/L, observado na coleta 1 do ponto 2), não tendo sido observada nenhuma remoção deste parâmetro na coleta 1 do ponto 1 (com 37 mgPt-Co/L) e coleta 2 do ponto 2 (com 11 mgPt-Co/L). No que se refere à cor real, a maior redução foi de aproximadamente 14,3% (de 7 para 6 mgPt-Co/L, na coleta 3 do ponto 2) e a menor foi de 0%, observada na coleta 2 do ponto 1, tendo sido detectado 10 mgPt-Co/L.

5.2.3 Condutividade elétrica e alcalinidade total

Nas Figuras 35 e 36 estão apresentados os resultados de condutividade elétrica (CE) e de alcalinidade total (mg CaCO₃/L), respectivamente.

Figura 35: Diagrama *box-plot* da condutividade elétrica (μS/cm).



Fonte: A Autora (2016).

Não existe limite definido para CE em nenhum dos dois documentos Normativos considerados neste trabalho, não cabendo, portanto, a associação de seus valores com a indicação do uso da água para fins potáveis e/ou para fins não potáveis, respectivamente, Portaria No. 2.914 (MS, 2011) e NBR 15.527 (ABNT, 2007). O parâmetro alcalinidade total também não tem limite definido em nenhum dos dois documentos Normativos considerados, não sendo, portanto, esses resultados comparados com tais documentos.

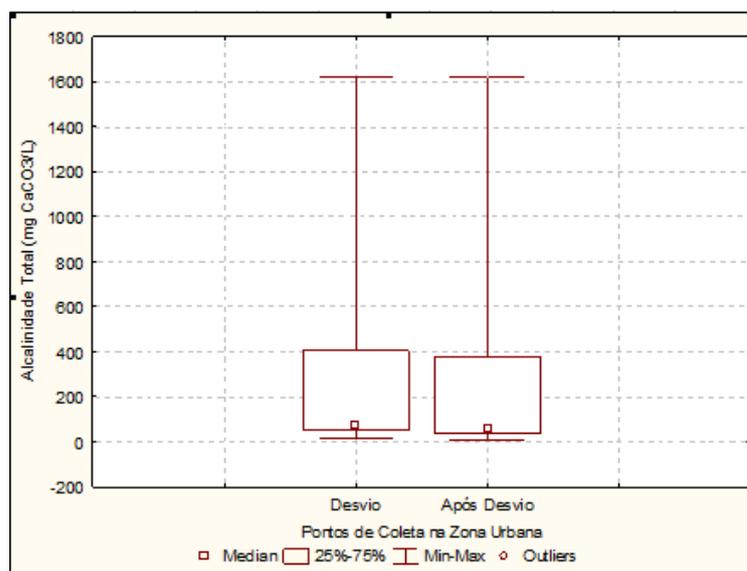
No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de CE mostraram variação (Figura 35) com valores mínimo e máximo variando de, respectivamente, 32,30 μS/cm (na coleta 1 do ponto 2) para 221,90 μS/cm (na coleta 3 do ponto 1). Também

foi observado outro valor elevado na amostra da coleta 1 do ponto 1, de 211,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e coleta 2 do mesmo ponto (98,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

No **após desvio**, observa-se que os valores extremos mantiveram-se próximos dos valores do **interior do desvio**, sendo 19,74 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 3 do ponto 2) e 215,27 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 3 do ponto 1), os valores mínimo e máximo, respectivamente.

No que se refere aos dados do parâmetro CE, portanto, não foi detectada redução significativa dos mesmos em nenhuma das amostras com a retenção do 1° milímetro de água de chuva no interior do desvio.

Figura 36: Diagrama *box-plot* da alcalinidade total (mg CaCO_3/L).



Fonte: A Autora (2016).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de alcalinidade total mostraram variação e foram observados os valores mínimo e máximo de 12,20 mg CaCO_3/L (na coleta 3 do ponto 2) e 1618 mg CaCO_3/L (na coleta 3 do ponto 1).

Assim como observado no caso de turbidez e CE, os teores de alcalinidade total observados podem estar associados ao carreamento de partículas.

Referente às amostras do **após desvio**, não foi possível detectar remoção de alcalinidade total em relação às amostras do **interior do desvio**, apresentando 8,20 mg CaCO_3/L (na coleta 3 do ponto 2) como valor mínimo, e 1622 mg CaCO_3/L (na coleta 3 do ponto 1) como valor máximo.

Na Tabela 9 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para os

parâmetros CE e alcalinidade total, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 9: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de CE e Alcalinidade total do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – zona urbana.

Parâmetro		Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3	
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2
Condutividade Elétrica	μS/cm	4,00	0,80	4,60	10,50	6,63	17,46
	%	1,89	2,48	4,68	20,67	2,99	46,9
Alcalinidade Total	**	23,60	13,80	1,60	25,20	-4,00	4,00
	%	5,84	26,04	2,41	31,11	-0,25	32,79

** mg CaCO₃/L.

Fonte: A Autora (2016).

Como observado na Tabela 9, ao se comparar os valores obtidos no **interior do desvio** e no **após desvio**, de cada uma das três coletas realizadas nos três pontos desta zona, verifica-se que a máxima redução foi de cerca de 46% no teor de CE (de 37,20 para 19,74 μS/cm, na coleta 3 do ponto 2). A menor redução observada para CE foi de cerca de 1,89% (de 221,90 para 207,90 μS/cm, na coleta 1 do ponto 1).

Para alcalinidade total, observa-se aumento de 0,25% em uma das amostras, da coleta 3 do ponto 1, no entanto, e redução em todas as demais amostras. A redução mínima de alcalinidade total foi de 2,41% na coleta 2 do ponto 1 (de 66,40 para 64,80 mg CaCO₃/L) e a máxima redução, de 32,79%, na coleta 3 do ponto 2 (de 12,20 para 8,20 mg CaCO₃/L).

Assim como para CE, no que se refere à alcalinidade total, não foi detectada redução nos teores deste parâmetro com a retenção do 1° mm de água de chuva no **interior do desvio**.

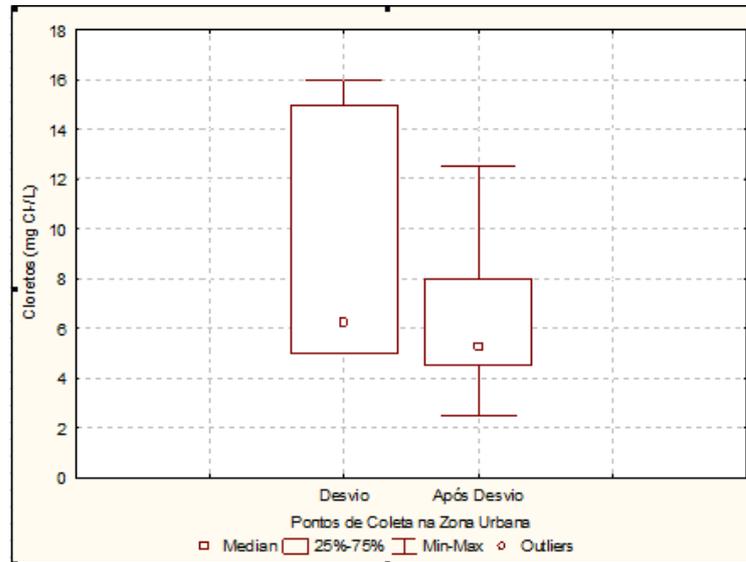
5.2.4 Cloretos e dureza total

Nas Figuras 37 e 38 estão apresentados os resultados de cloretos e dureza total, respectivamente.

No que se refere a cloretos e dureza total, não há limite definido na NBR 15.527 (ABNT, 2007), contudo, de acordo com a Portaria No. 2.914 (MS, 2011), o limite estabelecido para cloretos é de 250 mg Cl-/L e para dureza total o limite estabelecido é 500 mg CaCO₃/L.

Sobre os resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de cloretos mostraram considerável variação e foram observados os valores mínimo e máximo, de 5 Cl-/L (na coleta 2 do ponto 1 e na coleta 3 do ponto 2) e 16 mg Cl-/L (na coleta 1 do ponto 1).

Figura 37: Diagrama *box-plot* de cloretos (mg Cl⁻/L).

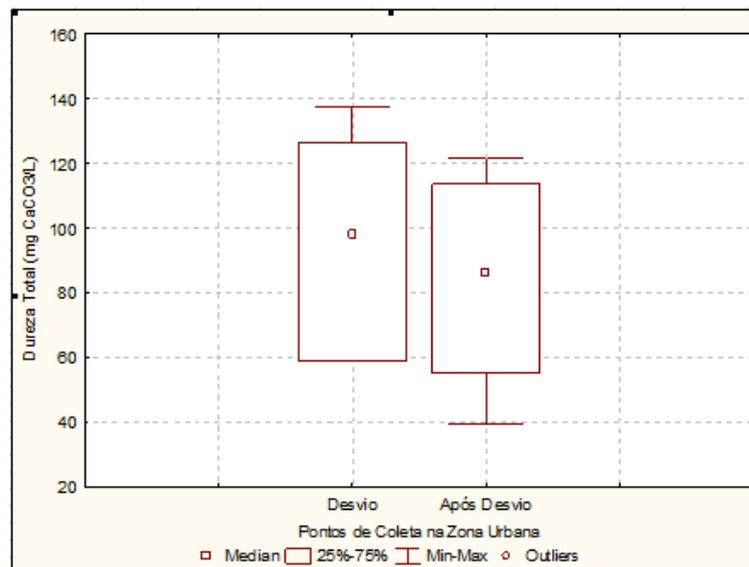


Fonte: A Autora (2016).

Quanto às amostras do **após desvio**, observa-se o valor mínimo de 2,5 mg Cl⁻/L (na coleta 2 do ponto 1) e máximo de 12,5 mg Cl⁻/L (na coleta 1 do ponto 1). Foi observado que o ponto 1 apresentou os valores mínimos no **interior do desvio** e no **após desvio**, para a coleta 2 deste ponto, e os máximos para as duas situações, porém, na coleta 1 deste mesmo ponto.

Os valores encontrados para cloretos, em todas as amostras, mostraram-se inferiores ao limite máximo previsto na Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

Figura 38: Diagrama *box-plot* da dureza total (mg CaCO₃/L).



Fonte: A Autora (2016).

Sobre os resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de dureza total variaram de 58,80 mgCaCO₃/L (nas coletas 1 e 2 do ponto 2) até 137,20 mg CaCO₃/L (na coleta 1 do ponto 1). Apesar do valor observado, este se encontra abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

No **após desvio**, os valores de dureza total variaram de 39,20 mg CaCO₃/L (na coleta 1 do ponto 2) até 121,52 mg CaCO₃/L (na coleta 1 do ponto 1), que, como era de se esperar, estão abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

Na Tabela 10 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para os parâmetros dureza total e cloretos, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Observa-se na Tabela 10 que ocorreu redução de dureza total em todas as amostras, em relação ao **após desvio**, com redução mínima de 6,67% na coleta 2 do ponto 2 (de 58,80 para 54,88 mgCaCO₃/L) e redução máxima de 33,3% na coleta 1 do ponto 2 (de 58,80 para 39,20 mgCaCO₃/L).

Tabela 10: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Dureza total e Cloretos do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – zona urbana.

Parâmetro		Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3	
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2
Dureza Total	**	15,68	19,60	12,54	3,92	7,84	15,68
	%	11,43	33,33	9,94	6,67	7,69	16,67
Cloretos	***	3,50	1,00	2,50	7,00	1,00	0,50
	%	21,88	16,69	50,0	46,67	15,38	10,0

** mg CaCO₃/L | *** mg Cl-/L.

Fonte: A Autora (2016).

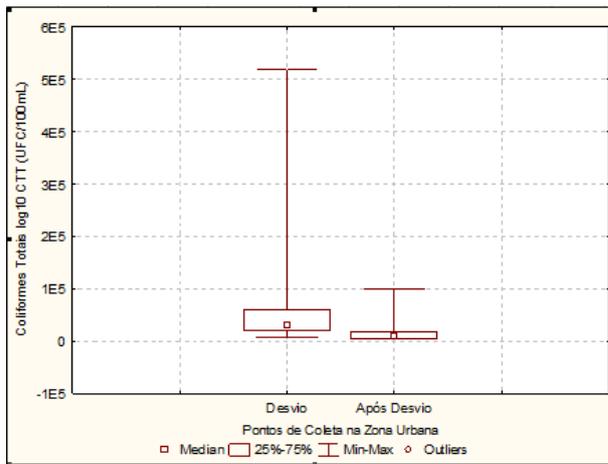
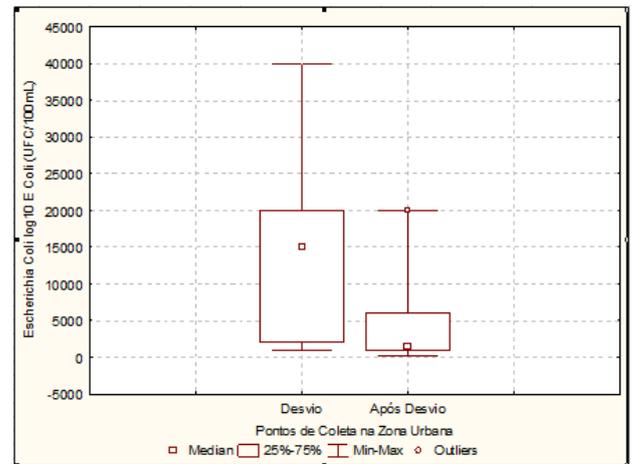
Para cloretos também ocorreu redução deste parâmetro em todas as amostras analisadas, com mínima redução de 10% na coleta 3 do ponto 2 (de 5 para 4,5 Cl-/L) e máxima redução de 50% na coleta 2 do ponto 1 (de 5 Cl-/L para 2,5 Cl-/L).

5.2.5 Coliformes Totais e *E. coli*

Nas Figuras 39a e 39b estão apresentados os resultados de coliformes totais e *E. coli*, respectivamente.

Figura 39: Diagrama *box-plot* de coliformes totais e *E. coli*.

(a) Coliformes totais (UFC/100 ml).

(b) *E. coli* (UFC/100 ml).

Fonte: A Autora (2016).

Com relação a coliformes totais, em ambas as Normas (ABNT, 2007; MS, 2011) está estabelecido a ausência em 100 mL, por outro lado, no caso da Portaria No. 2.914, esta restrição se refere à água da saída do tratamento, não havendo, portanto, restrição deste parâmetro para a água bruta. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) estabelece a ausência de coliformes termotolerantes (que engloba o *E. coli*) em 100 mL de água e a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) estabelece a ausência de *E. coli* em 100 mL.

Com relação aos resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de coliformes totais mostraram variação, sendo o máximo de 520.000 UFC/100mL (na coleta 3 do ponto 1) e o mínimo de 7.000 UFC/100mL (na coleta 3 do ponto 2). Logo, todas as amostras apresentaram teor de coliformes totais acima do limite estabelecido nas Normas. Com relação à *E. coli*, observa-se que os valores extremos mostraram variação, sendo o máximo 40.000 UFC/100mL (na coleta 3 do ponto 1) e o mínimo 1.000 UFC/100mL (na coleta 2 do ponto 1). Logo, todas as amostras apresentaram teor de *E. coli* acima do limite estabelecido nas Normas.

No **após desvio**, os valores de coliformes totais mostraram diminuição da variação dos dados, que oscilaram desde 3.000 UFC/100mL (coleta 1 do ponto 1) até o valor máximo de 100.000 UFC/100mL (coleta 3 do ponto 1). Com relação à *E. coli*, observa-se que o mesmo variou de 100 UFC/100mL (coleta 2 do ponto 1) até o valor máximo de 20.000 UFC/100mL (na coleta 3 do ponto 1). Logo, as amostras apresentaram teor de coliformes acima do limite estabelecido nas Normas.

Na Tabela 11 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores de coliformes totais e *E. coli* observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio**, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 11: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Coliformes totais e *E. coli* do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – zona urbana.

Parâmetro		Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3	
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2
Coliformes Totais	** %	57000,00 95,00	20000,00 66,67	15000,00 75,00	12000,00 40,00	420000,00 80,77	4000,00 57,14
<i>Escherichia Coli</i>	** %	19000,00 95,00	18000,00 90,00	900,00 90,00	4000,00 40,00	20000,00 50,00	1000,00 50,00

** UFC/100mL.

Fonte: A Autora (2016).

Observa-se na Tabela 11 que houve redução dos dois parâmetros em todas as amostras. As reduções variaram em ambos os parâmetros coliformes totais e *E. coli*, de 40% (na coleta 2 do ponto 2) até 95% (coleta 1 do ponto 1), tendo se observado reduções iguais ou superiores a 50% nas demais amostras.

Mesmo havendo redução dos parâmetros microbiológicos após o desvio do primeiro milímetro de chuva, as amostras ainda não atenderam à Portaria No. 2.914 (MS, 2011), que exige ausência desses microrganismos.

5.3 ÁREA INDUSTRIAL

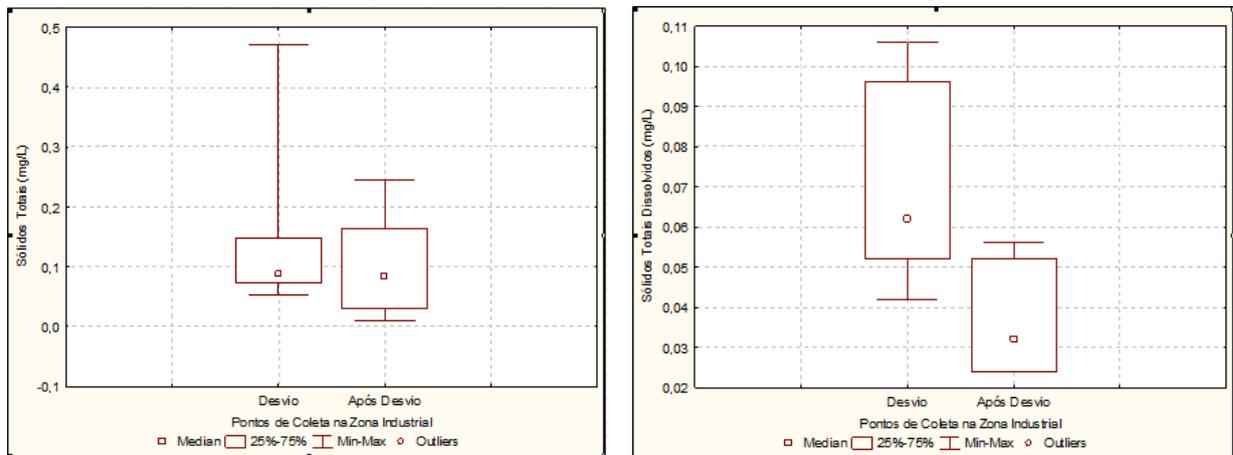
Nas Figuras 40 até 47 estão apresentados os valores de mediana, do quartil de 25 a 75%, de mínimo e máximo, e os *outliers* dos parâmetros investigados e obtidos da água coletada no **interior do desvio** e no **após desvio**, localizados na área industrial.

5.3.1 Sólidos Totais e Dissolvidos

Nas Figuras 40a e 40b estão apresentados os resultados de sólidos totais (ST) e sólidos totais dissolvidos (STD), respectivamente.

Na NBR 15.527 (ABNT, 2007), ambos os parâmetros, ST e STD, não têm seus limites estabelecidos. No que se refere à Portaria No. 2.914 (MS, 2011), esta só faz menção ao limite de 1.000 mg/L para STD, não estabelecendo qualquer limite para ST.

Figura 40: Diagrama *box-plot* de sólidos totais e dissolvidos.
 (a) Sólidos totais (mg/L). (b) Sólidos totais dissolvidos (mg/L).



Fonte: A Autora (2016).

Com relação aos resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de ST mostraram variação (Figura 40a) sendo 0,05 mg/L (na coleta 3 do ponto 3) e 0,47 mg/L (na coleta 1 do ponto 1), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Também houve variação dos valores de STD, Figura 40b, sendo 0,04 mg/L (na coleta 3 do ponto 3) o valor mínimo e 0,11 mg/L (na coleta 1 do ponto 1) o valor máximo. No entanto, todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido na Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

No **após desvio**, os valores de ST mostraram variação menor que no **interior do desvio**, Figura 40a, sendo 0,01 mg/L (na coleta 1 do ponto 2) e 0,24 mg/L (na coleta 1 do ponto 1), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Para STD, os resultados apresentaram menor variação e os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, de 0,02 mg/L (nas coletas 1 e 2 do ponto 3) e 0,06 mg/L (na coleta 1 do ponto 2).

Na Tabela 12 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para ST e STD, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Observou-se, conforme a Tabela 12, a redução nos teores de ST em quase todas as amostras analisadas, com exceção da coleta 3 do ponto 3, na qual foi detectada 0,05 mg/L de ST e não houve nenhuma remoção e, ainda, foi observado um aumento de 86,36% na amostra da coleta 1 do ponto 3. A remoção máxima de ST foi de cerca de 86% na coleta 1 do ponto 2 (de 0,07 para 0,01 mg/L).

Tabela 12: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de ST e STD do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
ST	mg/L	0,23	0,06	-0,08	-	0,04	0,00	-	0,12	0,0
	%	48,31	86,11	-86,36	-	31,15	0,97	-	79,73	0,0
STD	mg/L	0,08	0,00	0,07	-	0,01	0,07	-	0,0	0,01
	%	75,47	3,45	75,00	-	19,35	75,00	-	0,0	23,81

ST = Sólidos totais | STD = Sólidos totais dissolvidos.

Fonte: A Autora (2016).

Com relação à STD, houve redução em todas as amostras analisadas, com exceção da coleta 3 do ponto 2, onde foi detectado 0,05 mg/L, sem nenhuma remoção. A máxima redução de STD foi de cerca de 75 % na coleta 1 do ponto 1 (de 0,11 para 0,03 mg/L).

Todas as amostras apresentaram valores dentro do permitido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

5.3.2 Turbidez, cor aparente e cor verdadeira

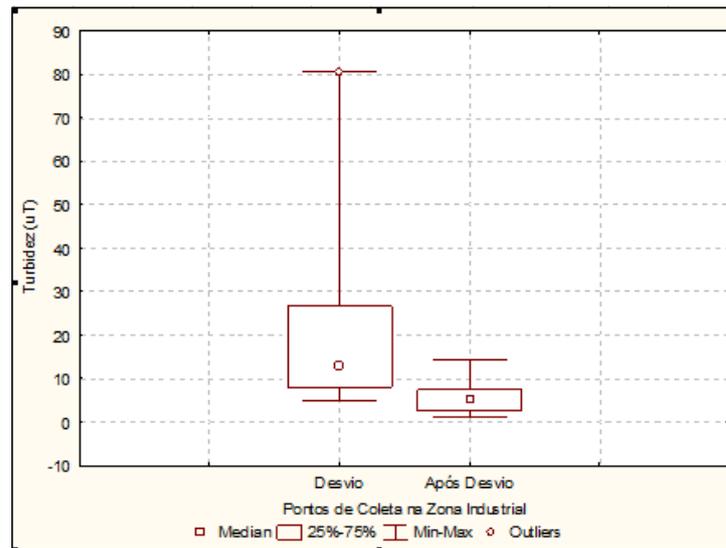
Nas Figuras 41, 42a e 42b estão apresentados os resultados de turbidez, cor aparente e cor real, respectivamente.

Com relação aos documentos Normativos, a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) para o uso da água em fins potáveis, bem como a NBR 15.527 (ABNT, 2007) para aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, estabelecem o limite de 5 uT para o parâmetro turbidez. Com relação ao parâmetro cor aparente, ambas as Normas estabelecem o limite de 15 uH (= mgPt-Co/L).

Apenas a amostra do **interior do desvio** da coleta 2 do ponto 3 apresentou teor de turbidez próximo ao limite da Norma, com o valor de 5,01 uT, sendo este o mínimo detectado e 80,50 uT o máximo (na coleta 1 do ponto 1).

Os dados de cor aparente (Figura 42a) mostraram variação, sendo que as únicas amostras de cor aparente que atenderam ao limite dos documentos Normativos foram as amostras da coleta 2 do ponto 3 (12 mgPt-Co/L), da coleta 3 do ponto 2 (13,33 mgPt-Co/L) e da coleta 3 do ponto 3 (13 mgPt-Co/L). O valor máximo de cor aparente foi de 48 mgPt-Co/L (coleta 1 do ponto 1). Para cor real, (Figura 42b), ocorreram valores desde 6 mgPt-Co/L (nas coletas 1, 2 e 3 do ponto 3) até 20 mgPt-Co/L (coleta 1 do ponto 2).

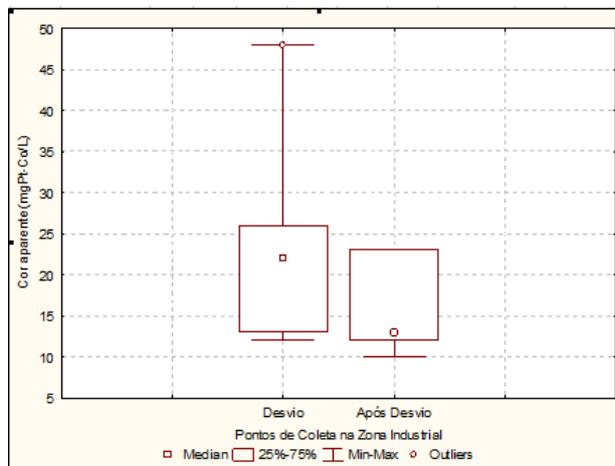
Figura 41: Diagrama *box-plot* da turbidez (UT).



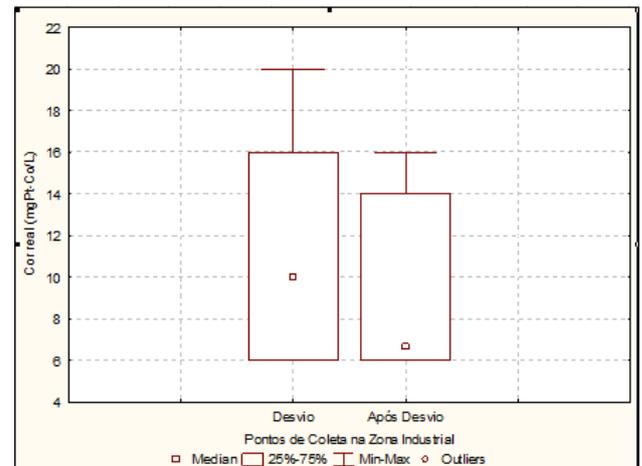
Fonte: A Autora (2016).

Figura 42: Diagrama *box-plot* da cor aparente e cor real.

(a) Cor aparente (mgPt-Co/L).



(b) Cor real (mgPt-Co/L).



Fonte: A Autora (2016).

Com relação aos dados obtidos no **após desvio**, ocorreu redução dos teores de turbidez em todas as amostras, no entanto, a maioria delas continuou acima do limite das Normas (14,24 uT na coleta 1 do ponto 1; 5,16 uT na coleta 1 do ponto 2; 7,39 uT na coleta 1 do ponto 3; e 7,21 uT na coleta 3 do ponto 3). Os valores mínimo e máximo detectados para turbidez foram, respectivamente, 1,12 uT na coleta 3 do ponto 2 e 14,24 uT na coleta 1 do ponto 1.

Para cor aparente, foram encontrados valores de 10 mgPt-Co/L como o mínimo (na coleta 2 do ponto 3) e 23 mgPt-Co/L como máximo (nas coletas 1 e 2 do ponto 2). Os valores

máximos encontrados para cor aparente ultrapassaram os limites das Normas, de 15 uH (= mgPt-Co/L), bem como a amostra da coleta 1 do ponto 1, que apresentou 16 mgPt-Co/L, embora tenha havido redução de todos os valores, em relação ao **interior do desvio**.

Para cor real, houve menor redução dos valores extremos das amostras em relação ao **interior do desvio**, com 6 mgPt-Co/L sendo o mínimo (nas coletas 1,2 e 3 do ponto 3) e 16 mgPt-Co/L o máximo (na coleta 1 do ponto 2).

Na Tabela 13 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para os parâmetros turbidez, cor aparente e cor real, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 13: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Turbidez, Cor aparente e Cor real do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Turbidez	uT	66,26	13,50	19,21	-	5,49	0,49	-	9,10	5,72
	%	82,31	72,35	72,22	-	69,06	9,78	-	89,08	44,24
Cor aparente	**	32,00	3,00	10,00	-	2,00	2,00	-	0,67	0,00
	%	66,67	11,54	45,45	-	8,00	16,67	-	5,00	0,00
Cor real	**	3,33	4,00	0,00	-	2,00	0,00	-	1,67	0,00
	%	33,33	20,00	0,00	-	12,50	0,00	-	13,89	0,00

** mgPt-Co/L.

Fonte: A Autora (2016).

Observando-se a Tabela 13, verifica-se que a máxima redução foi de cerca de 89% no teor de turbidez na coleta 3 do ponto 2 (de 10,21 uT para 1,12 uT). A menor redução observada de turbidez foi de cerca de 9% (de 5,01 uT para 4,52 uT, na coleta 2 do ponto 3).

Sobre o parâmetro cor aparente, a maior redução foi de cerca de 66% (de 48 para 16 mgPt-Co/L, observado na coleta 1 do ponto 1) e não havendo nenhuma remoção deste parâmetro na coleta 3 do ponto 3 (com 13 mgPt-Co/L). Com relação à cor real, foram observadas as menores reduções, com cerca de 33% de remoção na coleta 1 do ponto 1 (de 10 para 6,67 mgPt-Co/L) e nenhuma remoção nas coletas 1, 2 e 3 do ponto 3, apresentando 6 mgPt-Co/L nas três coletas, tanto do **interior do desvio**, quanto **após desvio**.

5.3.3 Condutividade elétrica e alcalinidade total

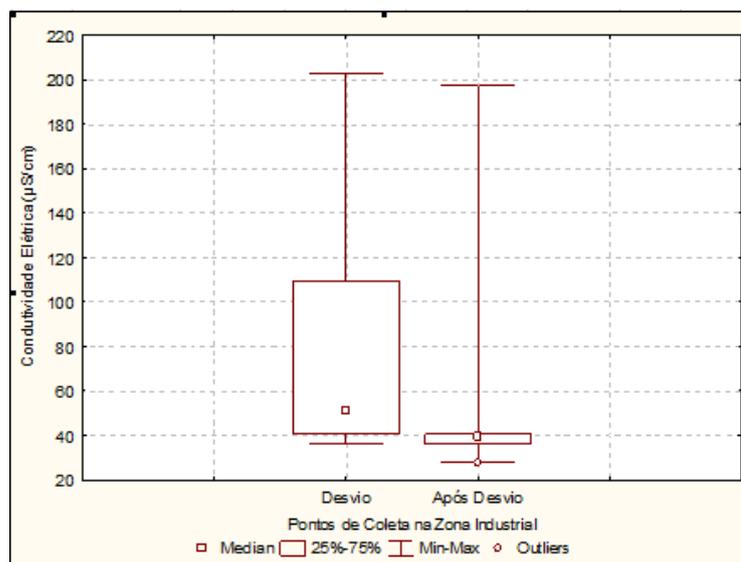
Nas Figuras 43 e 44 estão apresentados os resultados de condutividade elétrica (CE) e alcalinidade total, respectivamente.

Não existe limite definido para CE e alcalinidade total em nenhum dos dois documentos Normativos considerados neste trabalho, não cabendo, portanto, a associação de seus valores com a indicação do uso da água para fins potáveis e/ou para fins não potáveis, respectivamente, Portaria No. 2.914 (MS, 2011) e NBR 15.527 (ABNT, 2007).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de CE mostraram variação (Figura 43) com valores mínimo e máximo variando de, respectivamente, 36,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 1 do ponto 3) para 202,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 2 do ponto 3). Também foi observado outro valor elevado na amostra da coleta 1 do ponto 1, de 109,37 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

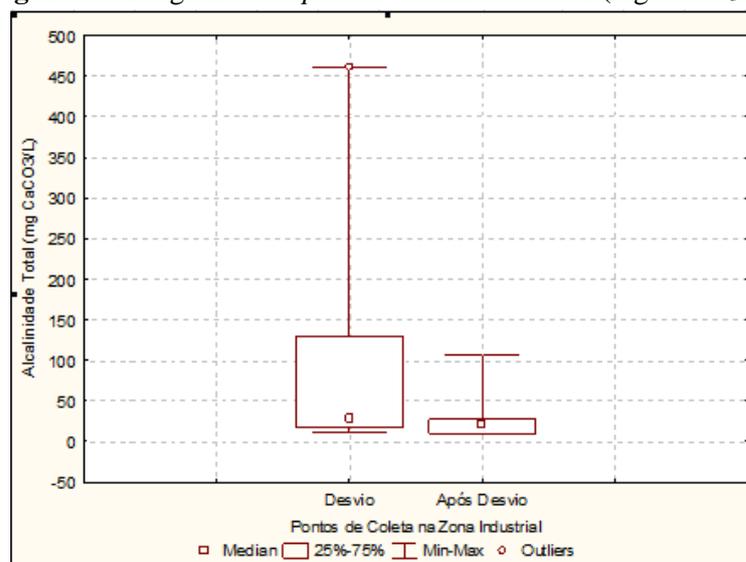
O ponto 1 e o ponto 3 destacam-se por apresentarem valores elevados em algumas coletas realizadas, sugerindo um aporte recorrente de material particulado (poeira/solo) ou deposição atmosférica.

Figura 43: Diagrama *box-plot* da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).



Fonte: A Autora (2016).

No **após desvio**, observa-se que os valores extremos de CE mantiveram-se próximos dos valores do **interior do desvio**, sendo 27,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 1 do ponto 3) e 197,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (na coleta 2 do ponto 3), os valores mínimo e máximo, respectivamente.

Figura 44: Diagrama *box-plot* da alcalinidade total (mg CaCO₃/L).

Fonte: A Autora (2016).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de alcalinidade total mostraram variação e foram observados os valores mínimo e máximo de 11,60 mgCaCO₃/L (na coleta 3 do ponto 3) e 461 mgCaCO₃/L (na coleta 1 do ponto 1).

Referente às amostras do **após desvio**, ocorreu remoção de alcalinidade total em relação às amostras do **interior do desvio**, apresentando 9,60 mgCaCO₃/L (na coleta 1 dos pontos 1 e 3) como valor mínimo, e 106,40 mgCaCO₃/L (na coleta 3 do ponto 2) como valor máximo.

Na Tabela 14 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para os parâmetros CE e alcalinidade total, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 14: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de CE e Alcalinidade total do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Condutividade Elétrica	**	71,1	10,7	8,4	-	19,3	4,8	-	0,2	1,4
	%	65,0	20,8	23,3	-	34,7	2,4	-	0,6	3,4
Alcalinidade Total	***	451,8	-4,2	9,2	-	3,0	17,2	-	22,6	1,8
	%	97,9	-25,3	48,9	-	10,4	38,6	-	17,5	15,5

** µS/cm | *** mg CaCO₃/L.

Fonte: A Autora (2016).

Como observado na Tabela 14, ao se comparar os valores obtidos no **interior do desvio** e no **após desvio**, verifica-se que a máxima redução foi de cerca de 65% no teor de CE (de 109,37 para 38,27 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na coleta 1 do ponto 1). A menor redução observada para CE foi de cerca de 0,6% (de 40,40 para 40,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na coleta 3 do ponto 2).

Para alcalinidade total, houve aumento de cerca de 25% em uma das amostras, da coleta 1 do ponto 2 (de 16,60 para 20,80 mg CaCO_3/L), e, por outro lado, houve redução nas demais amostras. A redução mínima de alcalinidade total foi de cerca de 10% na coleta 2 do ponto 2 (de 28,80 para 25,80 mg CaCO_3/L) e a máxima redução, de cerca de 97%, ocorreu na coleta 1 do ponto 1 (de 461,40 para 9,60 mg CaCO_3/L).

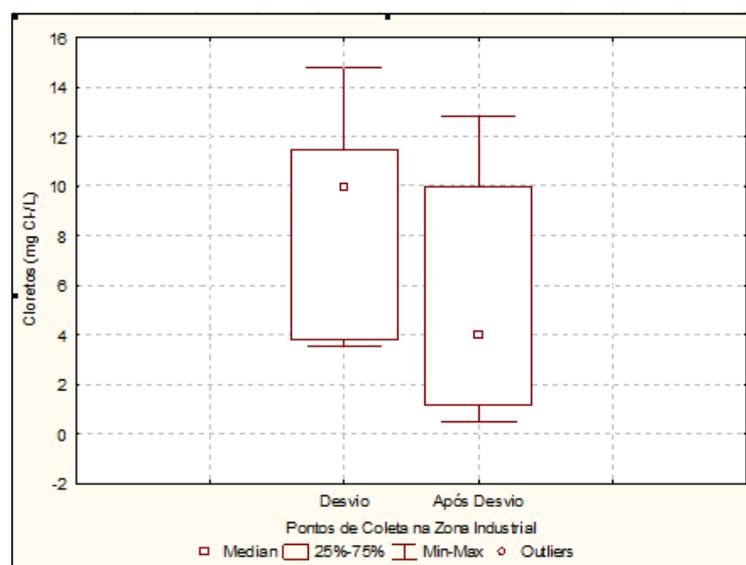
5.3.4 Cloretos e dureza total

Nas Figuras 45 e 46 estão apresentados os resultados de cloretos e de dureza total, respectivamente.

Estes parâmetros não têm limites definidos na NBR 15.527 (ABNT, 2007). Por outro lado, a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) apresenta os seguintes limites: 250 mg Cl^-/L para cloretos e 500 mg CaCO_3/L para dureza total.

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio**, os valores de cloretos variaram de 3,5 Cl^-/L (na coleta 3 do ponto 2) até 14,80 mg Cl^-/L (na coleta 2 do ponto 3), como se observa na Figura 45.

Figura 45: Diagrama *box-plot* de cloretos (mg Cl^-/L).

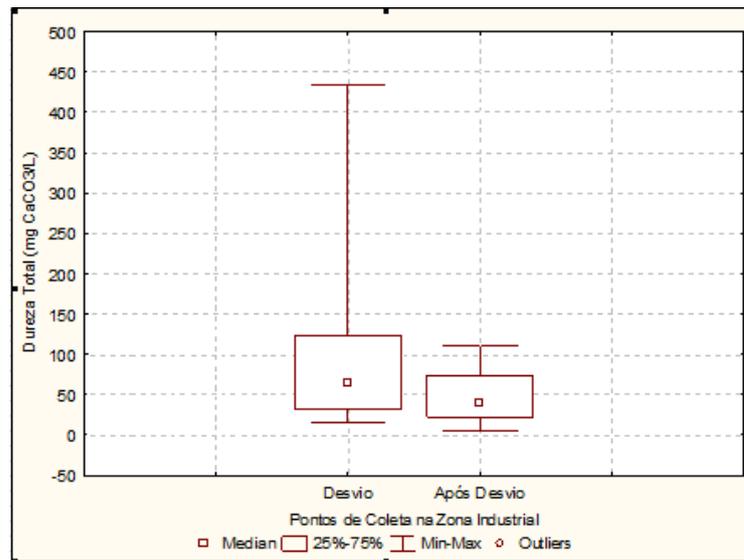


Fonte: A Autora (2016).

Quanto às amostras do **após desvio**, os extremos observados para cloretos foram de 0,5 Cl-/L (na coleta 1 do ponto 1) e de 12,8 Cl-/L (na coleta 2 do ponto 3). O ponto 3 apresentou os valores máximos no **interior do desvio** e no **após desvio**, para a coleta 2 deste mesmo ponto.

Todos os valores encontrados para cloretos, em todas as amostras, mostraram-se inferiores ao limite máximo previsto na Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

Figura 46: Diagrama *box-plot* da dureza total (mg CaCO₃/L).



Fonte: A Autora (2016).

Sobre os resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de dureza total mostraram variação, sendo 15,68 mgCaCO₃/L (nas coletas 1 do ponto 2) e 433,55 mgCaCO₃/L (na coleta 1 do ponto 1), os valores mínimo e máximo, respectivamente. Apesar do valor observado, este ainda se encontra abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

No **após desvio**, os valores de dureza total mostraram menor variação em relação aos do **interior do desvio**, sendo 5,10 mg CaCO₃/L (na coleta 1 do ponto 2) e 110,94 mg CaCO₃/L (na coleta 2 do ponto 3), os valores mínimo e máximo, respectivamente, que, estão abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

Na Tabela 15 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para os parâmetros dureza total e cloretos, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 15: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Dureza total e Cloretos do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Dureza	**	406,1	10,6	19,6	-	2,4	11,8	-	9,41	-9,4
Total	%	93,7	67,5	33,3	-	3,1	9,6	-	30,0	-14,5
Cloretos	***	3,3	3,2	6,0	-	1,4	2,0	-	-0,5	1,5
	%	86,8	73,3	60,0	-	12,7	13,51	-	-14,3	13,0

** mg CaCO₃/L | *** mg Cl-/L.

Fonte: A Autora (2016).

Observa-se na Tabela 15 que ocorreu redução de dureza total em todas as amostras, com exceção da amostra da coleta 3 do ponto 3, que apresentou um aumento de cerca de 14% em relação ao **interior desvio** (de 65,07 para 74,48 mgCaCO₃/L). As demais amostras apresentaram remoção de poluentes, com redução mínima de 3,1% na coleta 2 do ponto 2 (de 76,83 para 74,48 mgCaCO₃/L) e redução máxima de cerca de 94% na coleta 1 do ponto 1 (de 433,55 para 27,44 mgCaCO₃/L).

Para cloretos também ocorreu redução deste parâmetro em quase todas as amostras analisadas, com mínima redução de cerca de 13% na coleta 2 do ponto 2 (de 10,65 para 9,3 Cl-/L) e máxima redução de cerca de 87% na coleta 1 do ponto 1 (de 3,80 Cl-/L para 0,5 Cl-/L), ainda com um aumento na amostra da coleta 3 do ponto 2 de cerca de 14% (de 3,5 para 4 Cl-/L).

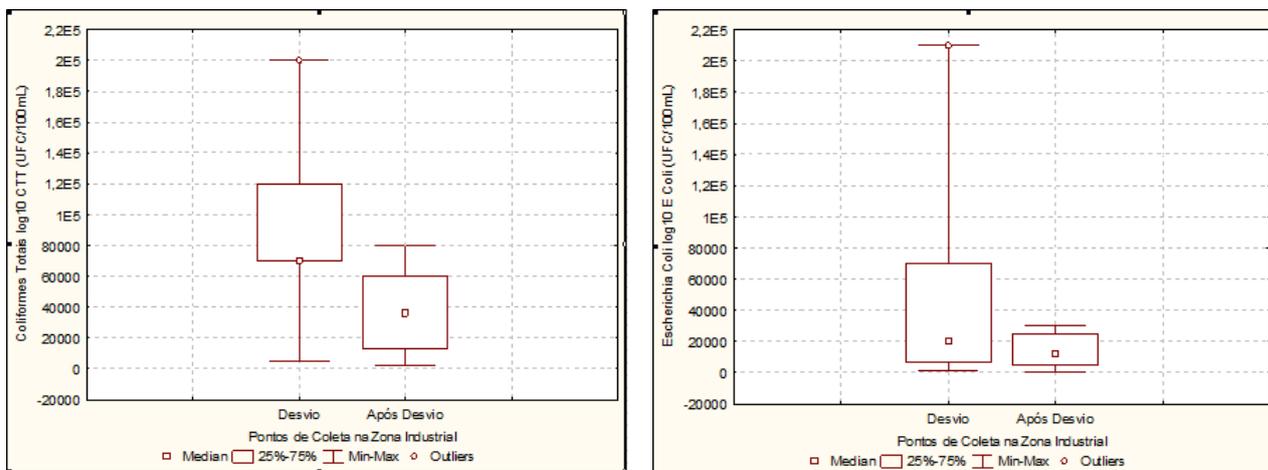
5.3.5 Coliformes Totais e *E. coli*

Nas Figuras 47a e 47b estão apresentados os resultados de coliformes totais e *E. coli*.

Com relação aos coliformes totais, em ambas as Normas (ABNT, 2007; MS, 2011) está estabelecido a ausência em 100 mL, sendo que no caso da Portaria No. 2.914, esta restrição se refere à água da saída do tratamento, não havendo, portanto, restrição deste parâmetro para a água bruta. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) estabelece a ausência de coliformes termotolerantes (que engloba o *E. coli*) em 100 mL de água e a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) estabelece a ausência de *E. coli* em 100 mL.

Figura 47: Diagrama *box-plot* de coliformes totais e *E. coli*.

(a) Coliformes totais (UFC/100 ml).

(b) *E. coli* (UFC/100 ml).

Fonte: A Autora (2016).

Com relação aos resultados obtidos no **interior do desvio**, observa-se que os valores extremos de coliformes totais mostraram variação, sendo o máximo de 200.000 UFC/100mL (na coleta 3 do ponto 2) e o mínimo de 5.000 UFC/100mL (na coleta 1 do ponto 2). Logo, todas as amostras apresentaram teor de coliformes totais acima do limite estabelecido nas Normas. Com relação à *E. coli*, observa-se que os valores extremos também mostraram significativa variação, sendo no máximo 210.000 UFC/100mL (na coleta 1 do ponto 1) e no mínimo 1.000 UFC/100mL (na coleta 1 do ponto 2). Logo, todas as amostras apresentaram teor de *E. coli* acima do limite estabelecido nas Normas.

No **após desvio**, os valores de coliformes totais mostraram diminuição da variação dos dados, que oscilaram desde 2.000 UFC/100mL (coleta 1 do ponto 2) até o valor máximo de 80.000 UFC/100mL (coleta 1 do ponto 1). Com relação à *E. coli*, observa-se que o mesmo variou de 700 UFC/100mL (coleta 1 do ponto 2) até o valor máximo de 30.000 UFC/100mL (na coleta 1 do ponto 1). Logo, as amostras apresentaram teor de coliformes acima do limite estabelecido nas Normas. Observa-se que os valores máximos no **interior do desvio** e **após desvio**, foram obtidos nas amostras do ponto 1, e os valores mínimos, tanto do **interior do desvio** quanto **após desvio**, foram obtidos nas amostras do ponto 2, também na coleta 1 deste ponto.

Na Tabela 16 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores de coliformes totais e *E. coli* observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio**, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 16: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Coliformes total e *E. coli* do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial.

Parâmetro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Coliformes Totais	**	10.000	3.000	84.000	-	10.000	40.000	-	187.000	10.000
	%	11,1	60,0	70,0	-	14,3	57,1	-	93,5	14,3
<i>Escherichia Coli</i>	**	180.000	300	25.000	-	8.000	10.000	-	50.000	2.000
	%	85,7	30,0	50,0	-	40,0	50,0	-	71,4	28,6

**UFC/100mL.

Fonte: A Autora (2016).

Observa-se na Tabela 16 que houve redução dos dois parâmetros em todas as amostras, e as reduções variaram, no caso de coliformes totais, de cerca de 11% (na coleta 1 do ponto 1) até cerca de 93% (coleta 3 do ponto 2). Com relação à *E. coli*, as reduções variaram cerca de 28% (na coleta 3 do ponto 3) até cerca de 85% (coleta 1 do ponto 1), tendo observado reduções da ordem de 30% ou mais, no restante das amostras. O ponto 1 apresentou o valor de redução mínimo para coliformes totais e máximo de redução para *E. coli*.

Mesmo havendo redução dos parâmetros microbiológicos após o desvio do primeiro milímetro de chuva, as amostras ainda não atendem à Portaria No. 2.914 (MS, 2011), que exige ausência desses microrganismos.

5.4 METAIS

Nas Figuras 48 até 52 estão apresentados os valores médios dos metais investigados da água coletada na zona urbana de Caruaru e área industrial de Belo Jardim, no **interior do desvio** e no **após desvio**.

Na presente pesquisa foram analisados os metais chumbo, ferro, magnésio, manganês e alumínio nas amostras da zona urbana de Caruaru e da área Industrial de Belo Jardim, não sendo necessária a análise de metais nas amostras da zona rural de Caruaru, visto que monitoramentos anteriores da área estudada não detectaram estes parâmetros.

Os gráficos de metais apresentam uma linha horizontal em destaque, na cor vermelha, contendo os valores estabelecidos pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011) para o padrão da água para consumo humano. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) não faz referência aos limites de metais.

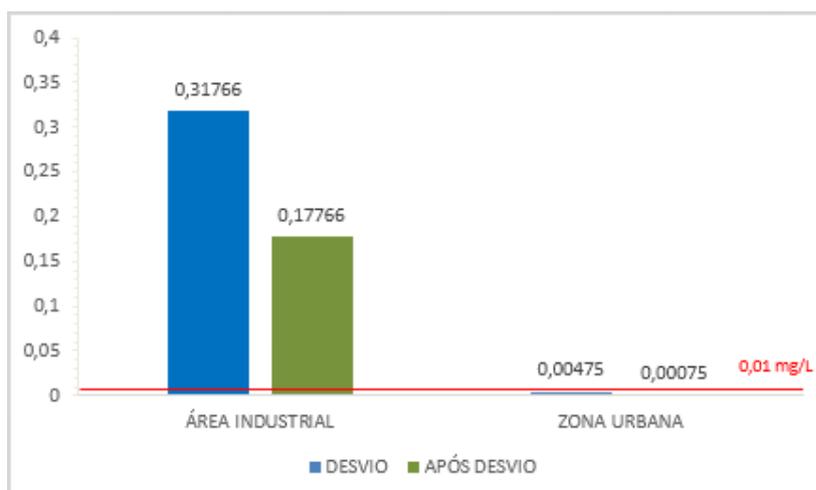
5.4.1 Chumbo

Na Figura 48 estão apresentados os resultados de chumbo para a zona urbana e para a área industrial. Este parâmetro está limitado a 0,01 mg/L na Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio** da área industrial, os valores de chumbo variaram de 0,018 mg/L (na coleta 1 do ponto 1) até 1,286 mg/L (na coleta 3 do ponto 3). Para a zona urbana de Caruaru, observou-se os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, 0 mg/L na coleta 1 do ponto 1 e 0,007 mg/L na coleta 2 do ponto 1 e na coleta 3 do ponto 2.

Quanto às amostras do **após desvio**, a variação foi de 0,013 mg/L (na coleta 1 do ponto 1) até 0,798 mg/L (na coleta 3 do ponto 3) na área industrial. Na zona urbana houve menor variação, apresentando máximo de 0,003 mg/L na coleta 3 do ponto 2 e mínimo de 0 mg/L nas demais amostras.

Figura 48: Teores médios de Chumbo (mg/L) na zona urbana e na área industrial.



Fonte: A Autora (2016).

Houve destaque para o metal chumbo encontrado na área industrial de Belo Jardim, sendo o único parâmetro que ultrapassou, em níveis elevados, a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) em todas as amostras do **interior de desvio** e do **após desvio**, como observado na Figura 48.

No local em questão, há uma fábrica de baterias automotivas na região central do município de Belo Jardim – PE, a qual foi aumentando sua estrutura conforme a empresa foi crescendo, em meio às residências, inclusive, onde foram selecionados os pontos de amostragem para este trabalho, caracterizando assim uma área industrial.

Na Tabela 17 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para o parâmetro chumbo, na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 17: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Chumbo do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial e zona urbana.

Chumbo		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Área industrial	**	0,005	0,03	0,243	-	0,024	0,05	-	-	0,48
	%	27,8	31,9	91,01	-	42,86	27,03	-	-	37,95
Zona urbana	**	-	0,001	-	0,007	0,004	-	-	0,004	-
	%	-	100	-	100	100	-	-	57,14	-

** mg/L.

Fonte: A Autora (2016).

Observa-se na Tabela 17 que ocorreu redução do parâmetro chumbo em todas as amostras, com 100% de remoção nas amostras das coletas 1 e 2 do ponto 2 e coleta 2 do ponto 1 da zona urbana de Caruaru, não tendo sido detectado este parâmetro nas demais amostras da zona urbana. Na área industrial de Belo Jardim, foi observado redução mínima de cerca de 27% nas coletas 1 do ponto 1 e coleta 2 do ponto 3. A maior remoção ocorreu na coleta 1 do ponto 3, apresentando cerca de 91% de remoção.

Mesmo ocorrendo redução de chumbo em todas as amostras do **após desvio**, em relação ao **interior do desvio**, as amostras da área industrial ainda estiveram muito acima do valor estabelecido pela Norma, alcançando o valor de 1,286 mg/L no **interior do desvio** e 0,798 mg/L no **após desvio**, enquanto a Norma estabelece o limite de 0,01 mg/L para chumbo. Já na zona urbana de Caruaru, nenhuma amostra ultrapassou o limite estabelecido pela Norma.

5.4.2 Ferro

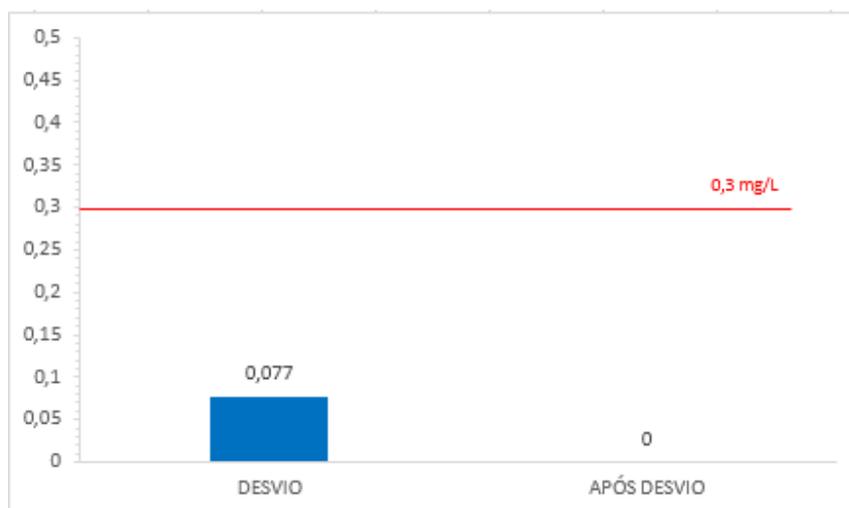
Na Figura 49 estão apresentados os resultados de ferro para a zona urbana e para a área industrial.

O parâmetro ferro apresenta o limite de 0,3 mg/L, definido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011).

Com relação ao metal ferro, este foi encontrado apenas na zona urbana de Caruaru, como visto na Figura 49, e todas as amostras (total de duas detectadas) estiveram de acordo

com o limite estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011), havendo inclusive remoção de 100% do parâmetro nas amostras do **após desvio**.

Figura 49: Teores médios de Ferro (mg/L) na zona urbana e na área industrial.



Fonte: A Autora (2016).

No **interior do desvio**, o valor máximo encontrado para ferro foi de 0,108 mg/L, na coleta 1 do ponto 1 e o valor mínimo foi de 0,046 mg/L, na coleta 2 do ponto 1.

Na Tabela 18 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para o parâmetro ferro, na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 18: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Ferro do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial e zona urbana.

Ferro		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Área industrial	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona urbana	**	0,108	-	-	0,046	-	-	-	-	-
	%	100	-	-	100	-	-	-	-	-

** mg/L.

Fonte: A Autora (2016).

Observa-se na Tabela 18 que ocorreu remoção de 100% do parâmetro ferro nas duas amostras onde o mesmo foi detectado (coletas 1 e 2 do ponto 1).

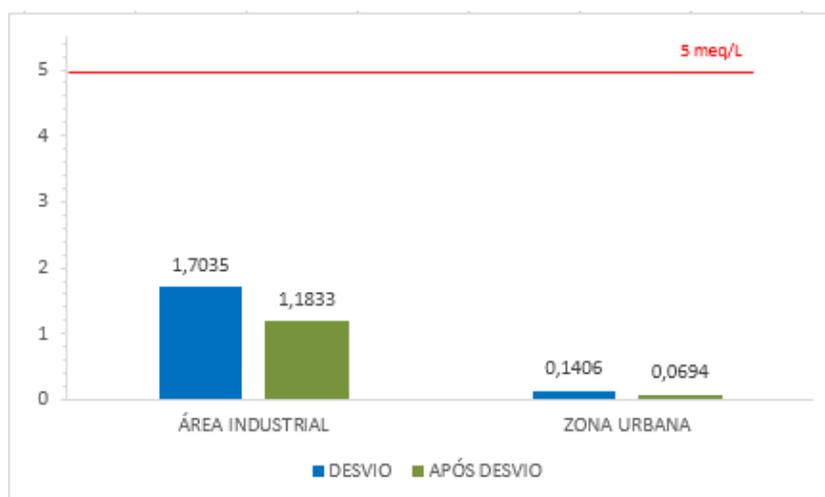
5.4.3 Magnésio

Na Figura 50 estão apresentados os resultados de magnésio para a zona urbana e para a área industrial.

A Portaria No. 2.914 (MS, 2011) estabelece um limite de 5 meq/L para magnésio.

O magnésio foi encontrado em baixas concentrações nas duas regiões analisadas (Figura 50), estando todas dentro do limite estabelecido pela Norma. Os maiores índices foram observados no **interior do desvio** da área industrial, apresentando valor máximo de 2,649 meq/L (na coleta 2 do ponto 3) e mínimo de 0,076 meq/L (na coleta 1 do ponto 3). Na zona urbana, foram encontrados os valores máximo de 0,334 meq/L (na coleta 1 do ponto 1) e mínimo de 0,042 meq/L (na coleta 2 do ponto 2).

Figura 50: Teores médios de Magnésio (meq/L) na zona urbana e na área industrial.



Fonte: A Autora (2016).

Quanto às amostras do **após desvio**, houve menor variação de dados, com mínimo de 0,619 meq/L (na coleta 1 do ponto 3) e máximo de 2,621 meq/L (na coleta 2 do ponto 2) na área industrial. Na zona urbana houve pequena variação, apresentando máximo de 0,165 meq/L na coleta 2 do ponto 1 e mínimo de 0,038 meq/L na coleta 2 do ponto 2.

Na Tabela 19 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para o parâmetro magnésio, na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 19: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Magnésio do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial e zona urbana.

Magnésio		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Área industrial	**	-0,334	-0,127	-0,534	-	-1,8	0,102	-	-	0,201
	%	-22,9	-14,2	-714,5	-	-224,8	3,85	-	-	13,24
Zona urbana	**	0,287	0,021	-	0,02	0,004	-	-	0,024	-
	%	86,2	31,82	-	10,8	9,5	-	-	31,58	-

** meq/L.

Fonte: A Autora (2016).

Observou-se redução de magnésio em todas as amostras da zona urbana, como visto na Tabela 19, com remoção máxima de cerca de 86%, na coleta 1 do ponto 1, e remoção mínima de 9,5%, na coleta 2 do ponto 2.

Para a área industrial houve redução de magnésio, em relação ao **após desvio**, em apenas duas amostras, nas coletas 2 do ponto 3, apresentando remoção de cerca de 3,8% e na coleta 3 do ponto 3, com cerca de 13,2 % de remoção. Nas demais amostras ocorreu aumento dos teores de magnésio, apresentando aumento máximo de cerca de 714% (na coleta 1 do ponto 3) e aumento mínimo de cerca 14% (na coleta 1 do ponto 2).

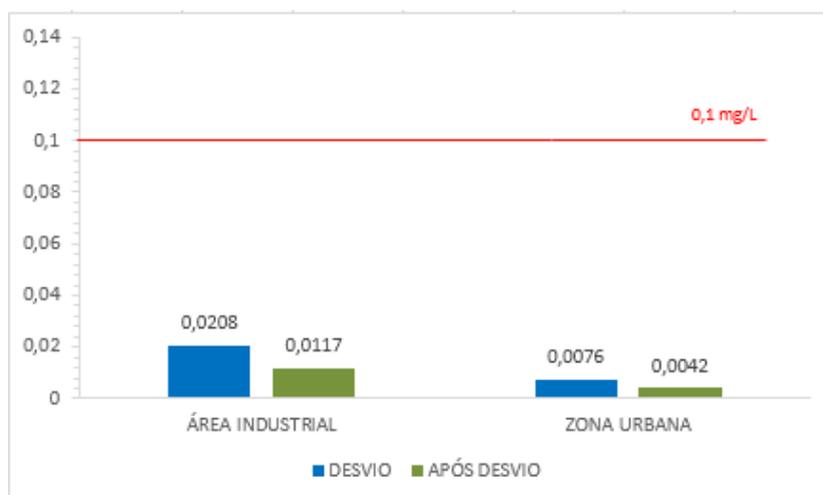
5.4.4 Manganês

Na Figura 51 estão apresentados os resultados de manganês para a zona urbana e para a área industrial.

A Portaria No. 2.914 (MS, 2011) define o máximo de 0,1 mg/L para manganês.

Foram detectados baixos teores de manganês em todas as amostras analisadas. No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio** da área industrial, os valores de manganês mostraram pequena variação e foram observados os valores mínimo e máximo de 0,009 mg/L (na coleta 1 do ponto 3) e 0,031mg/L (na coleta 1 do ponto 2). Para a zona urbana de Caruaru, observou-se os valores mínimo e máximo, respectivamente, de 0,004 mg/L na coleta 2 do ponto 2 e 0,015 mg/L na coleta 2 do ponto 1.

Quanto às amostras do **após desvio**, houve pequena variação de dados, com mínimo de 0,007 mg/L (na coleta 1 do ponto 3) e máximo de 0,018 mg/L (na coleta 3 do ponto 3) na área industrial. Na zona urbana também ocorreu pequena variação, apresentando máximo de 0,005 mg/L na coleta 1 do ponto 2 e mínimo de 0,004 mg/L nas demais amostras. Portanto, todas as amostras apresentaram valores dentro dos padrões de potabilidade para manganês.

Figura 51: Teores médios de Manganês (mg/L) na zona urbana e na área industrial.

Fonte: A Autora (2016).

Na Tabela 20 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para o parâmetro manganês, na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 20: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Manganês do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial e zona urbana.

Manganês		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Área industrial	**	0,018	0,015	0,002	-	0,01	0,004	-	-	0,006
	%	64,3	48,4	22	-	52,6	28,6	-	-	25
Zona urbana	**	0,002	0,0	-	0,011	0,0	-	-	0,004	-
	%	33,3	0,0	-	73,3	0,0	-	-	50	-

** mg/L.

Fonte: A Autora (2016).

É possível observar na Tabela 20 que ocorreu redução do parâmetro manganês em todas as amostras da zona urbana, com remoção máxima de cerca de 73% na coleta 2 do ponto 1 e nenhuma remoção nas coletas 1 e 2 do ponto 2. Na área industrial, observou-se remoção mínima de 22%, na coleta 1 do ponto 3, e máxima de cerca de 64% na coleta 1 do ponto 1. Todas as amostras apresentaram valores dentro dos padrões de potabilidade para manganês, o qual a Portaria No. 2.914 (MS, 2011) define 0,1 mg/L como o limite máximo.

5.4.5 Alumínio

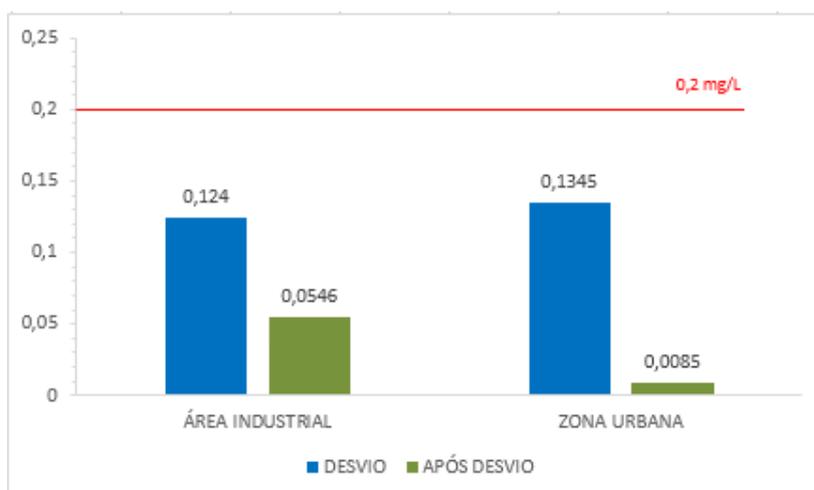
Na Figura 52 estão apresentados os resultados de alumínio para a zona urbana e para a área industrial.

Este parâmetro tem limite definido na Portaria No. 2.914 (MS, 2011), sendo 0,2 mg/L o limite estabelecido.

Com relação ao metal alumínio, o valor médio dos dados das amostras estão dentro do padrão nas duas regiões estudadas, como se pode observar na Figura 52. No entanto, o maior valor encontrado (0,392 mg/L) foi obtido em uma única amostra do **interior do desvio** da zona urbana de Caruaru. Esta amostra em especial foi coletada no dia 25 de junho de 2015, onde nesta época ocorre um grande evento de festividades juninas na cidade de Caruaru e o alumínio é componente essencial nos fogos de artifício, pois confere cores mais brilhantes nesse material, o que pode justificar o aumento da concentração de alumínio apenas nesta amostra coletada no dia mais intenso da festividade, onde ocorre a soltura de fogos (SOUZA, 2013).

No que se refere aos resultados obtidos no **interior do desvio** da área industrial, os valores médios de alumínio mostraram variação e foram observados os valores mínimo e máximo de 0 mg/L (na coleta 1 do ponto 3) e 0,269 mg/L (na coleta 3 do ponto 3). Para a zona urbana de Caruaru, observou-se os valores mínimo e máximo, respectivamente, de 0 mg/L na coleta 1 do ponto 1 e 0,006 mg/L, na coleta 2 do ponto 2.

Figura 52: Teores médios de Alumínio (mg/L) na zona urbana e na área industrial.



Fonte: A Autora (2016).

Quanto às amostras do **após desvio**, houve variação dos dados, com mínimo de 0,002 mg/L (na coleta 2 do ponto 3) e máximo de 0,105 mg/L (na coleta 1 do ponto 1) na área

industrial. Na zona urbana houve maior variação, apresentando mínimo de 0,001 mg/L na coleta 2 do ponto 2 e máximo de 0,017 mg/L na coleta 2 do ponto 2.

Na Tabela 21 estão apresentados os valores absolutos e em percentual de alteração dos teores observados entre as amostras do **interior do desvio** e do **após desvio** para o parâmetro alumínio, na zona urbana de Caruaru e na área industrial de Belo Jardim, nos três pontos de coleta em cada uma das três coletas realizadas.

Tabela 21: Remoção (em valores absolutos e em percentual) de Alumínio do **interior do desvio** em relação ao **após desvio** – área industrial e zona urbana.

Alumínio		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Área industrial	**	0,108	0,006	-	-	0,006	0,036	-	-	0,191
	%	50,7	7,5	-	-	30	95	-	-	71
Zona urbana	**	-	0,013	-	0,38	0,005	-	-	0,111	-
	%	-	59	-	96	83	-	-	94	-

** mg /L.

Fonte: A Autora (2016).

Observa-se na Tabela 21, para a área industrial, que ocorreu redução do parâmetro alumínio em todas as amostras, com 7,5% de remoção na amostra da coleta 1 do ponto 2 e máxima remoção de cerca de 95 % na coleta 2 do ponto 3.

Na zona urbana, observa-se uma redução mínima de cerca de 59% na coleta 1 do ponto 2 e redução máxima de 96% na coleta 2 do ponto 1.

Apesar da média dos valores encontrados estar dentro do padrão da Norma, três amostras ultrapassaram o limite estabelecido pela Portaria No. 2.914 (MS, 2011), que define o máximo de 0,2 mg/L para alumínio. As amostras que ultrapassaram o limite para alumínio foram: a coleta 2 do ponto 1, com 0,392 mg/L no **interior do desvio** da zona urbana e também no **interior do desvio** da área industrial, foram encontrados os valores de 0,213 mg/L na coleta 1 do ponto 1 e 0,269 mg/L na coleta 3 do ponto 3.

6 CONCLUSÕES

Os componentes presentes na atmosfera podem influenciar a qualidade da água da chuva, principalmente em áreas urbanas e industriais. No entanto, o desvio das primeiras águas de chuva pode contribuir para a diminuição dos parâmetros que deterioram a qualidade da água.

A contaminação da superfície de captação pode conter impurezas, influenciando a qualidade da água. Contudo, o desvio do primeiro milímetro de água de chuva promoveu melhoria da qualidade da água, no que se refere à maioria dos parâmetros analisados e em todas as regiões estudadas.

Na zona rural foram observados pouca ou nenhuma redução - e ainda aumento em algumas amostras - dos parâmetros cor, turbidez, sólidos e cloretos. Os parâmetros cor, turbidez e sólidos estão relacionados ao aporte de material particulado que é acumulado na superfície de captação, podendo também estar relacionado ao manuseio inadequado da água armazenada em cisternas na zona rural, além da compra de água de origem desconhecida em períodos de estiagem.

Devem ser tomados cuidados em relação ao reservatório de armazenamento da água, pois a água fica parada neste recipiente por alguns dias, em condições que podem favorecer a proliferação de microrganismos, em especial do grupo coliforme. Os telhados podem conter mais ou menos contaminação – tanto biológica como química, dependendo da sazonalidade das chuvas, carreando ao reservatório microrganismos potencialmente patogênicos e/ou substâncias químicas prejudiciais à saúde.

O parâmetro cloreto se destacou nas amostras analisadas na zona rural, visto que apresentou aumento significativo na maioria das amostras. Este fato, de acordo com relatos dos moradores, decorre da compra de água oriunda de carros pipas que abastecem as cisternas da região em períodos de estiagem, e provavelmente há um tratamento prévio desta água com a utilização de cloro. Com relação a cloretos, houve redução deste parâmetro em apenas uma amostra analisada e aumento considerável nas demais.

Todas as amostras bacteriológicas (coliformes e *E. coli*) apresentaram valores acima da Norma nas amostras do **interior do desvio** na zona rural. Porém, houve redução dos valores nas amostras das cisternas, mostrando melhoria da qualidade da água, ainda que não atendendo a Norma na maioria das amostras.

Com relação a zona urbana, houve destaque para os parâmetros condutividade elétrica, sólidos e alcalinidade, apresentando, em alguns casos, pequena diferença entre os dados após

o descarte do primeiro milímetro e ainda aumento em algumas amostras. O desvio de apenas 1 mm de chuva mostrou-se pouco eficiente em relação também a turbidez, principalmente em áreas com grande tráfego na zona urbana, sendo observada a necessidade do descarte de mais milímetros na região para obter uma água de maior qualidade.

O tamanho dos dispositivos instalados na zona urbana pode ter influenciado na qualidade da água, observando-se a necessidade de instalação de um dispositivo que armazenasse maior quantidade de precipitação, evitando assim que os contaminantes fossem revolvidos no interior do dispositivo, devido a uma precipitação mais intensa, por exemplo, e ultrapassassem para a parte exterior.

Sobre os parâmetros bacteriológicos analisados na zona urbana (coliformes e *E. coli*), observou-se redução em todas as amostras, havendo melhoria da qualidade da água, no entanto, ainda não atendendo ao valor estabelecido pela Norma.

Os metais encontrados nas amostras da zona urbana estiveram bem abaixo dos valores estabelecidos pela Norma e apresentou redução de 100% em algumas amostras após o descarte do primeiro milímetro.

Com relação a área industrial, houve redução dos parâmetros físico-químicos na maioria das amostras analisadas, incluindo os metais ferro, manganês, magnésio e alumínio, que estiveram dentro dos padrões de potabilidade. Entretanto, merece destaque os valores muito acima da Norma encontrados em todas as amostras para o metal chumbo, na área industrial de Belo Jardim, o que pode acarretar problemas de saúde para a população, além de problemas ambientais, merecendo estudos mais aprofundados sobre os impactos da emissão desse poluente nesta região.

Mesmo havendo redução dos parâmetros microbiológicos (coliformes e *E. coli*) após o desvio do primeiro milímetro de chuva, as amostras da área industrial ainda não atendem a Portaria de potabilidade, que exige ausência desses microrganismos, sugerindo a necessidade do descarte de mais de 1 mm de chuva na área industrial. Entretanto, a redução apresentada, principalmente na zona rural, assegura menor risco à saúde dos consumidores.

As águas de chuva armazenadas nessas regiões ainda podem ser utilizadas em outras atividades ou em áreas urbanas e industriais.

Observou-se a necessidade de estudos para verificar a quantidade adequada de milímetros a serem descartados na zona urbana e industrial para melhoria de alguns parâmetros de qualidade da água de chuva.

Seria de grande importância que um estudo futuro verificasse a contaminação atmosférica em diferentes épocas do ano (período seco e chuvoso), e relacionasse com dados

de precipitação, para observar se há diferença na qualidade da água de chuva nos diferentes pontos.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Dossiê Nordeste Seco**. Estudos Avançados, São Paulo, 13 (36), 59p.,1999.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527: Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.969. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.
- ALMEIDA, O. A.. **Qualidade da água de irrigação**. Dados eletrônicos, Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010, 228 p.
- ALVES, F.; LUZ, J.; FIGUEIRAS, M. L.; MEDEIROS, L. L.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S.. Qualidade de água em cisternas do semiárido pernambucano. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8., **Anais..**, 2012, Campina Grande.
- AMORIM, M C.; PORTO, E R.. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido, 3., **Anais..**, 2001. Pernambuco – PE. Pernambuco: ABCMAC, 2001.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Conservação e reuso da água em edificações**. MMA/ANA/SINDUSCON/COMASP/ FIESP/SESI/SENAI/IRS. São Paulo, Volume único. 152 p., 2005.
- ANDRADE NETO, C.O.. Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 4º, 2003, Juazeiro-BA. **Anais eletrônicos...** ABCMAC, 2003, 9 p.
- ANDRADE NETO, C. O.. **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais**. In: XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, Brasil. 2004.
- ANNECCHINI, K. P. V.. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005. 150 p.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.. Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Águas de Cisternas: Estudo de Caso no Município de Petrolina-PE. 3º. Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido, Campina Grande – PB, 8p., 2011.
- ANTAS, F. P. S.. **Avaliação da Composição Iônica e Aplicação de um Índice de Qualidade para Água de Irrigação no Rio Açu, RN**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em

Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semiárido. Rio Grande do Norte, 2011.

APHA - American Publishers Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21th ed. American Publishers Health Association, Washington DC, USA, 2005.

ARRAES, F. D. D.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; FROTA, J. I. J.; SANTOS, J. C.. N. Identificação dos íons determinantes da condutividade elétrica nas águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 03, p. 346-355, 2009.

ATKINS, P. W.. **Físico-Química – Fundamentos**. LTC S/A, Rio de Janeiro. 7ª. edição, traduzida em português, 2003, 356p.

BAEZ, A. P.; BELMONT, R. D.; GARCÍA, R. M.; PADILLA, H. G.; TORRES, MC. B.. Trends in Chemical Composition of Wet Precipitation in Mexico City, Mexico: 1992–2007. **The Open Atmospheric Science Journal**, 2009, 3, 187-195.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2006. 611p.

BERNDTSSON, J. C.; EMILSSON, T.; BENGTSSON, L.. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. **Science of the Total Environment**, v. 355, p. 48–63, 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 1ª ed. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – MMA. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana, organizador. Brasília: MMA, 2007.

BRASILEIRO, R. S.. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**. v. 5, n. 5, p. 3, 2009.

CABRAL, J. J. S. P., SANTOS, S. M.. **Cap. 3 - Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro**. Em: Cirilo, J.A.; Cabral, J.J.S.P.; Lobo Ferreira, J.P.C.; Oliveira, M.J.P.M.; Leitão, T.B.E.; Montenegro, S.M.G.L.; Góes, V.C.. (Org.). O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 65-104, 2007.

CARVALHO, J. R. S.. **Avaliação do DESVIUFPE Como Barreira Para Proteção da Qualidade da Água de Chuva Armazenada em Cisternas**. TCC – Universidade Federal de Pernambuco. Campus Agreste. Engenharia Civil, 2014.

CASTELLAN, G. W.. **Físico-Química**. Rio de Janeiro, Ao Livro, LTC – Livros Técnicos e Científicos, Editora S. A. , 530p, 1986.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Análises microbiológicas da água.** (Cursos e Treinamentos) São Paulo, 2004.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**, 2003.

CHUGTAI, M., MUSTAFA, S., MUMTAZ, M.. Study of Physicochemical Parameters of Rainwater: A Case Study of Karachi, Pakistan. **American Journal of Analytical Chemistry**, 2014, 5, 235-242.

CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; NAVARRO, G. R. B.; ANTUNES, M. L. P.; ANGELUCCI, V. A.. Composição Química das Águas Pluviais e Deposição Atmosférica Anual na Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Quim. Nova**, Vol. 34, No. 4, 610-616, 2011.

CUNHA, G. S.. **Avaliação da qualidade das águas nas cisternas da comunidade Uruçu no município de Gurinhém: uma abordagem geográfica.** Monografia de graduação de Geografia. UFPB, 52f., **2014**.

EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUNSTAN, R. H.. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. **Water Research**, [s.l.], v. 40, p. 37-44, 2006.

FARIAS, J. F.; BORGES, F. R.; SILVA, E. V.. **Educação Ambiental Contextualizada no Semiárido Cearense: Subsídios a Gestão e Preservação dos Recursos Hídricos.** Fortaleza, v. 3, n. 5, p. 30-36, jan. / jun. 2012.

FARIAS, M. M. M. W. E. C.. **Aproveitamento de água de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPE. Caruaru-PE, 2012. 113p.: il. ; 30 cm.

FIEP – Federação das Indústrias do Estado do Paraná. **Guia Técnico para Implantação de Distritos Industriais**, 29p., 2013.

FIGUEIRAS, M. L.. **Avaliação da influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade bacteriológica da água captada em telhado.** Caruaru. 70f; il.; Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA. Engenharia Civil, 2013.

FINLAYSON-PITTS, B. J.; PITTS, J. N.. **Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere.** Academic Press: New York, 2000.

FONTENELE, A. P. G., PEDROTTI, J. J., FORNARO, A.. Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. **Quím. Nova**. vol.32 no.4. São Paulo, 2009.

FORNARO, A.. **Chuva ácida em São Paulo: Caracterização química de amostras integradas e sequencial de deposição úmida**. 1991. 119p. Dissertação (Mestrado em Química Fundamental) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1991.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009, 144 p.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Redimensionamento da Região Semi - Árida do Nordeste do Brasil**. Fortaleza, 1993.

GIKAS, G. D., TSIHRINTZIS, V. A.. **Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater**. 2012.

GONÇALVES, R. F.. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES. 352 p., 2009.

HELMREICH, B.; HORN, H.. Opportunities in rainwater harvesting. **Desalination**. [s.l], v. 248, p. 118–124, 2009.

HU, G. P., BALASUBRAMANIAN, R., WU, C.D.. Chemical characterization of rainwater at Singapore. **Chemosphere**, 51,747–755, 2003.

INSA - Instituto Nacional do Semiárido. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1997. **Noções básicas de cartografia**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/elementos_representacao.html>. Acesso em: 25/fev/2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008. **Contas Regionais, 2008**. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 30/04/2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Censo Demográfico - 2010**. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 30/04/2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. **Ministério das Cidades, 2012**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08/jun/2016.

JACOBI, P.. **Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa, n. 118, mp. a1rç8o9/-220050,3 março/ 2003. Faculdade de Educação e do Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental da USP.

JAQUES, R. C.. **Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em Edificações**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC – Brasil. Março de 2005.

JICKELLS, T. D.. Nutrient Biogeochemistry of the Coastal Zone. **Science**, 281 (5374), 217-221,1998.

KATO, M. T.. Qualidade da água de cisternas utilizadas para fins de consumo humano no município de Poço Redondo - SE. In: Seminário Internacional de Engenharia da Saúde Pública, 3, 2006, Fortaleza-CE. **Anais..** Fortaleza-CE: FUNASA, 2006.

KELLY, W. R.; PANNO, S. V.; HACKLEY, K.. **The Sources, Distribution, and Trends of Chloride in the Waters of Illinois**. Bulletin B-74, University of Illinois at Urbana-Champaign, 67P., 2012.

LEAL, T. F. M.; FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. J.; FORNARO, A.. Composição Iônica Majoritária de Águas de Chuva no Centro da Cidade de São Paulo. **Quim. Nova**, Vol. 27, No. 6, 855-861, 2004.

LEE, J. Y.; BAK; G., HAN, M.. Quality of roof-harvested rainwater e Comparison of different roofing materials. **Environmental Pollution**, [s.l], v. 162, 422-429, 2012.

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

LIMA, J. C. A. L.. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil, 2012.

LIMA, J. C. A. L.; ALVES, F. H. B.; FIGUEIRAS, M. L.; LUCENA, L. M.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S.. **Dispositivos para a melhoria da qualidade da água armazenada em cisternas do semiárido pernambucano - Desenvolvimento tecnológico e avaliação de desempenho**. In: XIV World Water Congress, 2011, Porto de Galinhas. XIV IWRA World Water Congress, 2011.

MANAHAN, S. E.. **Environmental Chemistry**, 8th ed., CRC Press: Boca Raton, 2005.

MATOS, K. S. A. L.. **Educação Ambiental e Sustentabilidade II**. Fortaleza: Edições UFC, 2010.

MATSON, P. A.; MCDOWELL, W. H.; TOWNSEND, A. R.; VITOUSEK, P. M.. The globalization of N deposition: ecosystem consequences in tropical environments. **Biogeochemistry**, V. 46, 67-83, 1999.

MAY, S.. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008. 222f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

MEERA, V.; AHAMMED, M. M.. Water quality of rooftop rainwater harvesting systems: a review. **Journal of Water Supply – Research and Technology**, v. 55, n. 4, p. 257-268, 2006.

MENDEZ, C. B.; KLENZENDORF, J. B.; AFSHAR, B. R.; SIMMONS, M. T.; BARRETT, M. E.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J.. The effect of roofing material on the quality of harvested Rainwater. **Water Research**, v. 45, n. 5, p. 2049 – 2059, 2011.

MS - Ministério da Saúde. **Portaria nº 518 de 05 de Março de 2004**. Estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância de qualidade de água para consumo humana e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília - DF, 2004.

MS – Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011**. Estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância de qualidade de água para consumo humana e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília - DF, 2011.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Mapas Temáticos**, 2011. Disponível em: <www.mma.gov.br> Acesso em: 27/04/2016.

MORUZZI, R. B; REALI, M. A. P.. Oxidação e Remoção de Ferro e Manganês em Águas Para Fins de Abastecimento Público ou Industrial – Uma Abordagem Geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 4, No . 1, Abr/2012.

NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, R. B.. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Eng. Sanit. Ambient**. vol.19, no.1 , 9p. 2014.

OLIVEIRA, N. N.. **Aproveitamento de Água de Chuva de Cobertura para Fins Não Potáveis de Próprios da Educação da Rede Municipal de Guarulhos**. Monografia. Universidade de Guarulhos, 2008.

OPS/CEPIS - Organización Panamericana de la Salud/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano**. Lima, 336p., 2002.

OZAKI, H.; WATANABE, I.; KUNO, K.. Investigation of the Heavy Metal Sources in Relation to Automobiles. **Water Air Soil Pollut.**, 157-209, 2004.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L.. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 244-254, 2012.

PEREIRA JÚNIOR, J. S.. **Nova delimitação do semiárido Brasileiro**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. 2007. Brasília – DF

PIVELI, R. P.; KATO, M. T.. **Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 285 p., 2005.

RASTOGI, N.; SARIN, M. M.. Chemical Characteristics of Individual Rain Events From a Semi-arid Region in India: Three-year Study. **Atmospheric Environment**, 39, 3313–3323, 2005.

SANTOS, A. F. S.. **Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas rurais e as modificações decorrentes do manuseio na região de Serrinha - BA.** 2008, 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana-BA, 2008.

SANTOS, P. T. S.. **Balanço Hídrico em Teto com Cobertura Vegetal no Semiárido Pernambucano.** 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2011.

SANTOS, S. M.; MARINHO, E. P. ; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, C. M. M.; ARAUJO, T. F. ; BARROS, E. S.. Estudo da Qualidade da Água de um Telhado Verde no Agreste Pernambucano. In: XIVth IWRA World Water Congress, 2011, Porto de Galinhas. **Anais...**, 2011. p. 1-13.

SAZAKLIA, E.; ALEXOPOULOS, A; LEOTSINIDIS, M.. Rainwater harvesting quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. **Water Research.** v.41, n. 9, p. 2039-2047, 2007.

SILVA, S. T. B.. **Uso Urbano Não Potável de Água de Lagoas do Sistema de Drenagem de Natal.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2011.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.. Análise Espacial e Climatológica da Ocorrência de Veranicos no Sertão de Pernambuco. **Revista de Geografia.** Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 27, n. 1, 95-106, jan/mar. 2010

SOUZA, L. A.. **Química presente nos fogos de artifício.** Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/quimica-presente-nos-fogos-artificio.htm>>. 2013.

SOUZA. P. A.; MELLO, W. Z.; MALDONADO, J.. Composição Química da Chuva e Aporte Atmosférico na Ilha Grande, RJ. **Quim. Nova,** Vol. 29, No. 3, 471-476, 2006.

SOUZA, S. H. B.. **Avaliação da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva no semiárido Pernambucano.** Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, PE), 79p, 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, A. D. S.; PULZ, E.; SILVA. B. C. R.; IRAZUSTA, S. P.; TEIXEIRA, E. P. Avaliação da Qualidade de Água de Chuva para Aproveitamento Doméstico. **RETC - Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura.** São Paulo. Edição 18ª, Abril de 2016.

TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON F. L.; STENSEL, H. D.. **Wastewater Engineering – Treatment, disposal and reuse**. Third edition. McGraw-Hill book Co, 1991.

TOMAZ, P.. **Aproveitamento de água da chuva**. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

WHO - World Health Organization. **Aluminium in drinking-water**. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva, 2003.

WWF-BRASIL - World Wildlife Fund-Brasil. **Água para vida, Água para todos**. Livro das Águas - Cadernos de Educação Ambiental. Brasília. 2006.

XAVIER, R. P.. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Programa de Pós- Graduação da Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

XAVIER, R. P., NÓBREGA, R. L. B., MIRANDA, P. C., GALVÃO, C. P., CEBALLOS, B. S. O.. Avaliação da eficiência de dois tipos de desvio das primeiras águas de chuva na melhoria da qualidade da água de cisternas rurais. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 7., **Anais..**, 2009, Caruaru - PE.

YAZIZ, M.I.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, A.W.. Variations in rainwater quality from roof catchments. **Water Research**, v. 23, n. 6, p. 761-765, 1989.