



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
ICET/FAET/FAMEV/IB/ICHS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS**

Gabrielly Cristhiane Oliveira e Silva

**Qualidade da água de chuva no município de Cuiabá
e seu potencial para o aproveitamento em usos não
potáveis nas edificações**

Cuiabá – Mato Grosso
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Gabrielly Cristhiane Oliveira e Silva

**Qualidade da água de chuva no município de Cuiabá
e seu potencial para o aproveitamento em usos não
potáveis nas edificações**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Recursos Hídricos da
Universidade Federal de Mato Grosso, como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Recursos Hídricos.

Área de concentração:

Recursos Hídricos: Manejo e Conservação

Orientador:

Alexandre Silveira

Co-orientador:

Luiz Airton Gomes

*À Sandra Regina e Luiz Carlos meus pais,
e Micheli minha irmã, pelo amor, incentivo
e paciência durante todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e à minha irmã por serem minha estrutura. Sempre com amor, respeito e paciência souberam me dar apoio e incentivo incondicional durante a execução deste trabalho, entenderam os momentos de ausência e preocupações, como também compartilharam os momentos de felicidade. Sou uma pessoa muito feliz por vocês serem a minha família. **OBRIGADA POR EXISTIREM!**

A minha grande e querida família, sempre presente, atuante e participante. Adoro todos vocês, muito obrigada pelos momentos passados juntos.

Aos meus amigos de coração, alguns que mesmo não estando tão perto de mim, são parte da minha vida. Obrigada pelos bons e maus momentos passados juntos, pelo bom humor, pela troca de experiências, enfim por fazerem parte da minha história.

Ao meu orientador Alexandre Silveira pela oportunidade em compartilhar comigo seus ensinamentos, pela sua paciência, apoio, amizade e por me incentivar a “ser mais independente” durante a realização deste trabalho. Agradeço enormemente pela confiança em mim depositada.

Ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa, e a CAPES/FAPEMAT pela concessão da bolsa durante o período do mestrado.

Ao Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Mato Grosso pela oportunidade de realização deste trabalho, bem como aos meus professores pelos ensinamentos transmitidos durante o período do mestrado.

Aos funcionários dos laboratórios de Físico-química e de Microbiologia Sanitária do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT: Sr. Belmiro, Jonas, Zoraidy, Rosean, Sr. Wilson e Sr. Lourival. E também as secretárias do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Vera e Leiliane. Muito obrigada por todos os anos de convivência!

Aos funcionários do laboratório de Hidráulica e Climatologia da UFMT responsáveis pela operação da Estação Climatológica Mestre Bombled: Pedro, Belmiro, Antonio e Edson, pela ajuda no fornecimento dos dados quantitativos utilizados neste trabalho.

Ao grupo de pesquisa em água de chuva formado durante a realização deste trabalho: Bia, Jonathas, Livi, Adelmo, Gabi, Manu, Elis, Bráulio, Álvaro, Aline, Pati, Carol e Camila, alguns passaram pelo grupo, alguns entraram há menos tempo e outros estão presentes desde o princípio, mas o que tenho a dizer é que: vocês também foram muito importantes na realização deste trabalho. Muito Obrigada a Todos!

A TODOS os meus amigos de mestrado, em especial a minha turma (2008/1): Thaisa, Marcelo, Camilo, Luciane, Célia, Etiene, Samantha, Maria e Luciana, vocês foram grandes companheiros ao longo dessa jornada, somos todos vitoriosos! Obrigada por compartilharem esses momentos comigo.

A professora Zoraidy Marques de Lima pela sua prestimosa ajuda, seu incentivo e apoio para o desenvolvimento da parte microbiológica deste trabalho. Obrigada por depositar sua confiança e interesse nesta pesquisa.

Ao professor Simar Vieira de Amorim da UFSCar pelo seu auxílio no fornecimento de literaturas e comentários que me foram muito úteis durante o desenvolvimento deste trabalho, e ao professor Elias Lira dos Santos Junior da UFMT, também pelo auxílio com comentários e sugestões muito relevantes no tratamento estatístico dos resultados obtidos.

Aos professores Zoraidy Marques de Lima (UFMT) e Ademir Paceli Barbassa (UFSCar), por aceitarem o convite para participar da banca avaliadora da defesa pública deste trabalho. Muito obrigada pelos comentários e sugestões feitos para o aprimoramento do trabalho.

E por fim a todas as pessoas que tenham dado direta e/ou indiretamente uma contribuição para a realização de mais essa conquista.

AGRADEÇO A TODOS!!

*“Talvez seja este o aprendizado mais difícil:
Manter o movimento permanente,
A renovação constante,
A vida vivida como caminho e mudança.”*

Maria Helena Kuhner

RESUMO

A água é um recurso natural, finito, dotada de valor econômico, social e essencial à existência do homem e do meio ambiente. A demanda tanto qualitativa como quantitativa de água vem aumentando numa escala recente de tempo, o que exige atitudes em relação ao seu uso. Assim, o aproveitamento da água de chuva se mostra como alternativa interessante no complemento do abastecimento urbano, compatibilizando a qualidade da água ao seu uso final. Além disso, o aproveitamento da água de chuva colabora na drenagem urbana, aliviando os sistemas de drenagem comprometidos pelo aumento da impermeabilização do solo. No entanto, observa-se a escassez de informações qualitativas e quantitativas da água de chuva para o consumo não potável na cidade de Cuiabá. Este trabalho apresenta um monitoramento, durante os anos de 2008 a 2010, da qualidade da água direta da chuva, isto é, antes de sofrer qualquer tipo de interceptação por superfícies. Os locais de amostragem foram a Universidade Federal de Mato Grosso e o bairro Boa Esperança. No monitoramento foram avaliados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, tais como: pH, turbidez, cor aparente, condutividade elétrica, as diversas frações de sólidos, coliformes totais, *Escherichia coli*, a contagem geral de bactérias heterotróficas cultiváveis e a contagem total de fungos. Os resultados obtidos indicam o efeito de lavagem da água de chuva sobre a atmosfera local, já que a composição física, química e microbiológica da chuva é resultado da composição atmosférica. Os valores obtidos foram comparados com a legislação vigente e norma técnica existente. Os resultados apontam que, mesmo para fins não potáveis, a água de chuva não deve ser utilizada diretamente sem receber tratamento adequado.

ABSTRACT

Water is a natural and a finite resource, endowed of economic, social and essential value to man and environment existences. Qualitative and quantitative water demand comes increasing in recent time scale, requiring attitudes related to its use. Therefore, rainwater use is shown as an interesting alternative in complement to the urban supply, matching water quality to its end use. Moreover, rain water use collaborates in the urban draining, easing the draining systems compromised by the increase of the soil impermeability. However, the shortage of qualitative and quantitative rain water information for non-drinking consumption in Cuiabá city is observed. This paper presents a monitoring during the years 2008-2010, the quality of water directly from rain, that is, before undergoing any type of interception by surfaces. The sampling locations were the Mato Grosso Federal University and the district Boa Esperança. In this monitoring In this qualitative monitoring the following physical, chemical and microbiological parameters were evaluated: pH, turbidity, color, electrical conductivity, solid series, total coliforms, *Escherichia coli*, cultivable heterotrophic bacteria count, cultivable fungi count. The results indicate the effect of rainwater washing on the local atmosphere, since rain physical, chemical and microbiological composition results from atmospheric composition. The values obtained were compared with current legislation and existing technical standard. The results show that even for non-potable uses, rainwater should not be used directly without receiving adequate treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Ciclo hidrológico.....	20
Figura 2:	Representação esquemática de um pluviômetro.....	24
Figura 3:	Representação esquemática de um pluviógrafo.....	24
Figura 4:	Abanbars, tradicional sistema de captação de água comunitário do Irã.....	27
Figura 5:	Chultuns, cisternas em encostas com capacidade para 20.000 a 45.000 L.....	27
Figura 6:	Fortaleza de Ratonos em Florianópolis.....	28
Figura 7:	Área de coleta - telhado: comprimento x largura.....	38
Figura 8:	Área de coleta - laje: comprimento x largura.....	38
Figura 9:	Área de coleta - telhado e pátio, com armazenamento em reservatório subterrâneo.....	39
Figura 10:	Esquema de coleta de água de chuva.....	40
Figura 11:	Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.....	41
Figura 12:	Dispositivos para remoção de materiais grosseiros.....	43
Figura 13:	Reservatório de água de chuva com tonel de descarte.....	45
Figura 14:	Reservatório de auto-limpeza com bóia de nível.....	45
Figura 15:	Filtro VF1 para coleta e aproveitamento da água de chuva.....	46
Figura 16:	Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras águas escoadas....	49
Figura 17:	Esquema básico de filtro de materiais grosseiros e de finos desenvolvido no IPT.....	50
Figura 18:	Esquema básico de desinfecção por ozônio com recirculação da água no reservatório...51	
Figura 19:	Esquema com o posicionamento relativo da cobertura, sistema de tratamento e reservatório superior de água pluvial.....	52
Figura 20:	Tipos de Reservatórios ou Cisternas.....	57
Figura 21:	Localização do estado de Mato Grosso e sua capital no Brasil.....	71
Figura 22:	Estação climatológica no campus Cuiabá da UFMT.....	73
Figura 23:	Estação climatológica Mestre Bombled/UFMT.....	73
Figura 24:	Coleta de amostras para análises microbiológicas.....	74
Figura 25:	Residencial Chão de Estrela, bairro Boa Esperança.....	74
Figura 26:	Residência, bairro Boa Esperança.....	74
Figura 27:	Representação esquemática do coletor.....	77
Figura 28:	Coletor instalado na Estação Climatológica da UFMT.....	77
Figura 29:	Precipitações máxima, média e mínima para o período de 1989 a 2008.....	81

Figura 30:	Precipitações anuais para o período de 1989 a 2009.....	82
Figura 31:	Precipitação mensal para o período de janeiro/2008 a maio/2009.....	83
Figura 32:	Variação da cor em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	86
Figura 33:	Evolução da concentração de material particulado na atmosfera em Cuiabá em 2008....	90
Figura 34:	Variação da turbidez em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	91
Figura 35:	Variação dos ST em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	93
Figura 36:	Variação dos STF em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	94
Figura 37:	Variação dos STV em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	95
Figura 38:	Variação dos SST em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	96
Figura 39:	Variação dos SSF em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	97
Figura 40:	Variação dos SSV em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	98
Figura 41:	Variação do pH em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	101
Figura 42:	Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	103
Figura 43:	Variação da Condutividade elétrica em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	105
Figura 44:	Variação da Alcalinidade em função da distinção entre chuva inicial e chuva final.....	106
Figura 45:	Densidade de coliformes totais nas amostras de precipitação.....	108
Figura 46:	Densidade de <i>E.coli</i> nas amostras de precipitação.....	109
Figura 47:	Densidade de outras Enterobactérias nas amostras de precipitação.....	111
Figura 48:	Contagem de bactérias heterotróficas nas amostras de precipitação.....	113
Figura 49:	Estirpes bacterianas isoladas a partir da contagem de bactérias cultiváveis.....	114
Figura 50:	Contagem de fungos cultiváveis nas amostras de precipitação.....	116
Figura 51:	Curva de tendência de decaimento para a Cor.....	120
Figura 52:	Curva de tendência de decaimento para a Turbidez.....	120
Figura 53:	Curva de tendência de decaimento para o pH.....	121
Figura 54:	<i>Box plot</i> para as variáveis: pH, Cor e Turbidez.....	122
Figura 55:	<i>Box plot</i> para as variáveis: Sólidos Totais e Sólidos em Suspensão Totais.....	124
Figura 56:	<i>Box plot</i> para as variáveis: Contagem de bactérias e fungos cultiváveis.....	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Varição da qualidade da água de chuva em função da área de coleta.....	47
Quadro 2:	Tratamentos requeridos para diversos usos da água de chuva.....	47
Quadro 3:	Parâmetros internos e externos do consumo de água em uma residência nos EUA.....	54
Quadro 4:	Estimativa do consumo interno em uma residência nos EUA.....	54
Quadro 5:	Estimativa do consumo residencial para a Holanda.....	55
Quadro 6:	Distribuição do consumo domiciliar de água potável por ponto de consumo.....	55
Quadro 7:	Distribuição do consumo domiciliar de água potável por ponto de consumo.....	56
Quadro 8:	Comparação das concentrações de chuva atmosférica com dados da literatura.....	66
Quadro 9:	Normas brasileiras para reúso de águas em descarga sanitária NBR 13969/97 e padrões propostos no Manual da ANA/ FIESP/SindusCon (2005).....	67
Quadro 10:	Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	67
Quadro 11:	Valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros da chuva, coletados em diferentes tipos de cobertura.....	68
Quadro 12:	Qualidade da água da chuva precipitada.....	69
Quadro 13:	Qualidade da água pluvial no dispositivo de descarte.....	69
Quadro 14:	Qualidade da água pluvial na cisterna.....	69
Quadro 15:	Qualidade da água pluvial no ponto de consumo.....	70
Quadro 16:	Comparação com os resultados de pH para Cuiabá e outros locais.....	102
Quadro 17:	Comparação com os resultados de Condutividade elétrica para Cuiabá e outros locais.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

MMA:	Ministério do Meio Ambiente
SRH:	Secretaria de Recursos Hídricos
IPCC:	International Panel on Climate Change
ABMAC:	Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva
PURAE:	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
NBR:	Norma Brasileira
ABNT:	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA:	Agência Nacional de Águas
FIESP:	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
SindusCon:	Sindicato das Indústrias da Construção do Estado de São Paulo
IPT:	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
PROSAB:	Programa de Saneamento Básico
FEALQ:	Fundação de Estudo Agrários Luiz de Queiroz
PNCDA:	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
Ph:	Potencial Hidrogeniônico
OD:	Oxigênio Dissolvido
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ST:	Sólidos Totais
STF:	Sólidos Totais Fixos
STV:	Sólidos Totais Voláteis
SST:	Sólidos em Suspensão Totais
STF:	Sólidos em Suspensão Fixos
STV:	Sólidos em Suspensão Voláteis
UFC:	Unidades Formadoras de Colônias
GCRWQ:	Guidelines for Canadian Recreational Water Quality
AWQGMW:	Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters
UFMT:	Universidade Federal de Mato Grosso
CETESB:	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
LAMSA:	Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental
SES:	Secretária Estadual de Saúde – Mato Grosso
SEMA:	Secretária Estadual de Meio Ambiente

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Datas das amostragens consideradas no trabalho.....	73
Tabela 2:	Análises físicas, químicas e microbiológicas realizadas.....	76
Tabela 3:	Chuva diária (mm) na estação climatológica Mestre Bomble/UFMT no ano de 2008.....	84
Tabela 4:	Chuva diária (mm) na estação climatológica Mestre Bomble/UFMT no ano de 2009.....	85
Tabela 5:	Avaliação global dos parâmetros analisados.....	118
Tabela 6:	Intervalos de confiança de 95% para vários períodos amostrais.....	126

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	19
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1 Ciclo hidrológico.....	20
3.1.1 Precipitação atmosférica.....	22
3.2 Histórico da coleta e aproveitamento da água de chuva.....	28
3.2.1 Coleta e aproveitamento da água de chuva nos dias atuais.....	28
3.2.2 Coleta e aproveitamento da água de chuva no Brasil.....	30
3.3 Normas para o aproveitamento de água de chuva.....	32
3.4 Aproveitamento da água de chuva.....	35
3.5 Sistemas de aproveitamento da água de chuva.....	37
3.5.1 Componentes de um sistema de aproveitamento da água de chuva.....	38
3.5.2 Remoção de materiais grosseiros e Técnicas de descarte da chuva inicial.....	43
3.5.3 Tratamento da água de chuva.....	47
3.5.4 Armazenamento da água de chuva.....	51
3.6 Estimativa da demanda residencial de água potável	53
3.7 Dimensionamento dos reservatórios de água de chuva.....	56
3.8 Qualidade das águas pluviais.....	58
3.8.1 Qualidade do ar e da água.....	59
3.8.2 Qualidade do ar em Mato Grosso.....	62
3.8.3 Características físicas, químicas e microbiológicas da água.....	64
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	71
4.1 Área de estudo.....	71
4.2 Locais de amostragem.....	72
4.3 Variáveis analisadas.....	75
4.4 Coleta e processamento das amostras da água de chuva para análises físicas e químicas.....	77
4.5 Coleta e processamento das amostras da água de chuva para análises microbiológicas.....	78
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
5.1 Aspectos quantitativos.....	81

5.2 Aspectos qualitativos.....	86
5.2.1 Variáveis físicas.....	87
5.2.2 Variáveis químicas.....	100
5.2.3 Parâmetros microbiológicos.....	108
5.3 Análises estatísticas.....	117
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
7. RECOMENDAÇÕES.....	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

1.INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a vida do homem e dos demais seres vivos que habitam o nosso planeta. Esta se constitui em um recurso natural finito, dotado de valor econômico e social. O planeta é constituído por aproximadamente 70% de água, contudo apenas 3% de toda água trata-se de água doce e somente 15% destes 3% se apresentam em estado líquido (TUNDISI, 2003).

Villiers (2002) descreve que somente um terço da água que flui anualmente para o mar é que pode ser utilizada pelo homem. Desta quantidade, mais da metade tem destino e está sendo utilizada. Muitas vezes, a água é encontrada na natureza degradada por esgotos, poluição industrial, produtos químicos, excesso de nutrientes e pragas de algas. A disponibilidade *per capita* de água potável de boa qualidade está diminuindo em todos os países desenvolvidos e em desenvolvimento.

O Brasil detém uma das maiores bacias hídricas do planeta, ou seja, um quinto de toda a reserva global. Tomaz (2001) descreve que o Brasil possui 12% da água doce do mundo, porém mal distribuída. Em alguns estados do Brasil como Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte a disponibilidade hídrica *per capita* é insuficiente para atender a demanda necessária.

A região centro-oeste dispõe de 15,7 % da água doce do Brasil. O estado de Mato Grosso incorpora as nascentes de três importantes bacias hidrográficas: Amazônica, Alto Paraguai e Tocantins-Araguaia, com 19,6%, 65,7% e 14,7%, respectivamente, de sua extensão, inserida no território mato-grossense, sendo o estado brasileiro que apresenta o maior valor de escoamento de águas por ano, totalizando um volume de 522km³/ano, demonstrando, assim, o seu elevado potencial hídrico (Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos – MMA/SRH, 2007).

É notório que a água é a principal fonte de vida e que este líquido é único e finito. Não se tem conhecimento de outro material com as mesmas propriedades na natureza. A preciosidade da água e sua importância para a sobrevivência humana são os fundamentos para a preservação dos recursos hídricos e a redução do consumo de água (GIACCHINI, 2005).

O crescimento populacional, os grandes aglomerados urbanos, a industrialização, a falta de consciência ambiental, através da poluição de potenciais mananciais de captação superficial, fazem com que a água torne-se, a cada dia, um bem mais escasso e, conseqüentemente, mais precioso. Atualmente a escassez da água ocorre em muitas regiões

do Brasil e do mundo, submetendo várias comunidades à convivência diária com sua falta. (JAQUES, 2005).

Outros problemas comuns e que acabam agravando a escassez da água são a periodicidade do suprimento, a irregularidade no suprimento, o desmatamento, a poluição de nascentes e a ausência ou ineficiência dos serviços de saneamento, entre outros citados.

Schindler e Salati (2007) citam que no último relatório do International Panel on Climate Change (IPCC) divulgado em fevereiro de 2007 evidenciou que algumas mudanças climáticas decorrentes de atividades humanas estão ocorrendo em uma escala global e que as previsões para o século XXI são preocupantes. Em decorrência da concentração dos gases de efeito estufa, a temperatura média da atmosfera aumentou em 0,74°C (1906 – 2005) e o nível dos oceanos em 30 cm. Foram ainda observados incrementos nas temperaturas das águas oceânicas, acarretando aumento na evaporação. Tal fato explica as tendências observadas em fenômenos mais dinâmicos da atmosfera, que resultam na ampliação da frequência e da intensidade de eventos extremos, como furacões, tempestades, ondas de calor, secas, etc. Bem como na redução do suprimento de fontes de água tanto em qualidade quanto em quantidade. As causas dessas alterações do equilíbrio dinâmico milenar do planeta estão ligadas principalmente a duas atividades humanas: o uso de combustíveis fósseis (carvão mineral e petróleo) e o desmatamento.

Mediante esse cenário faz-se necessário ampliar os nossos conhecimentos referentes a ações que visem à busca por alternativas em relação à conservação da água, para que este recurso possa ser preservado, de forma que em um futuro próximo, possa ser evitada a sua escassez, tanto em níveis de quantitativos quanto qualitativos.

A captação da água de chuva, forma milenar de utilização da água pelo homem, vem sendo redescoberta como uma opção interessante, necessitando, porém, de estudos mais precisos para definir os padrões de qualidade nos diversos usos que o homem faz da água. Bem como a determinação de uma otimização entre o dimensionamento quantitativo dos reservatórios de acumulação com a questão financeira envolvida.

A utilização da água de chuva advém de mais de 2.000 anos, onde a população captava a água para utilização na agricultura, para seus animais e para fins domésticos (TOMAZ, 2003). Atualmente, a captação da água de chuva é uma prática muito difundida em países como a Alemanha e a Austrália, onde novos sistemas estão sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo/benefício.

Um sistema simplificado para o aproveitamento consiste em armazenar água de chuva em um sistema de captação utilizando calhas nos telhados, levando-a para um filtro/grade para a retirada das impurezas mais grosseiras, dosagem de cloro e armazenamento em um reservatório. Entre os principais usos estão a irrigação de jardins, o uso no vaso sanitário, na lavagem de veículos e/ou máquinas agrícolas. Podem ser citadas como vantagens da utilização das águas pluviais a economia do usuário, a diminuição de enchentes e a diminuição da escassez no suprimento de água potável, além de ir de encontro à preservação ambiental do meio que habitamos.

O franco desenvolvimento da captação e utilização das águas pluviais possibilitou inclusive a criação da Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva (ABMAC), que reúne equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto. Portanto, o uso racional dos recursos hídricos com procedimentos como reutilização ou reuso da água, assim como a captação das águas de chuva é importante e representa um passo fundamental para evitar o caos hídrico que se anuncia.

Diante dos fatos elencados, o aproveitamento da água de chuva tem se mostrado uma alternativa interessante no complemento do abastecimento urbano de água. Através do suprimento de parte da demanda de água potável, contribui-se para a conservação dos recursos hídricos cada vez mais escassos. Além disso, a interceptação da água de chuva colabora na drenagem urbana, aliviando os sistemas de drenagem comprometidos pelo aumento da impermeabilização do solo.

No entanto, observa-se a escassez de informações qualitativas e quantitativas da água de chuva para o consumo não potável na cidade de Cuiabá. Assim, este trabalho apresenta-se com o intuito de contribuir para a formação de uma base de informações quantitativas e qualitativas que fomente o aproveitamento da água de chuva no município.

2.OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar um monitoramento qualitativo e quantitativo da água de chuva visando avaliar o seu potencial para o aproveitamento em usos não potáveis em edificações na cidade de Cuiabá.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas da água de chuva coletada antes da interceptação de qualquer tipo de superfície;
- Verificar a variação da qualidade da água da chuva entre o início e o final da precipitação;
- Monitorar o índice pluviométrico para a cidade de Cuiabá durante o período de estudo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico, também chamado de ciclo da água é a maneira como a água circula pelos sistemas da Terra. Segundo Villiers (2002), o ciclo hidrológico é um sistema físico quase estável e auto-regulável que transfere água de um “reservatório” para outros, em ciclos complexos. Esses reservatórios são compostos pela umidade atmosférica, oceanos, rios, lagos, níveis freáticos, aquíferos subterrâneos, calotas polares e solos saturados.

Assim, pode-se dizer que o ciclo hidrológico não possui início nem fim, pois de uma forma ou de outra, a água ocorre praticamente em toda parte. Considera-se que grande parte da água contida no ciclo hidrológico tem sido virtualmente constante durante a história da humanidade. É um processo natural de dessalinização e purificação. A água que se evapora dos oceanos e o vapor tornam-se parte da atmosfera através da evaporação dos corpos d’água como lagos, rios e de todas as superfícies terrestres úmidas (permanentemente ou ocasionalmente), lembrando também da transpiração das plantas. Através dos processos de condensação, a água da atmosfera retorna para a Terra como precipitação sobre os oceanos e os continentes. Na Figura 1 verifica-se o constante processo de mudança do estado da água na natureza.

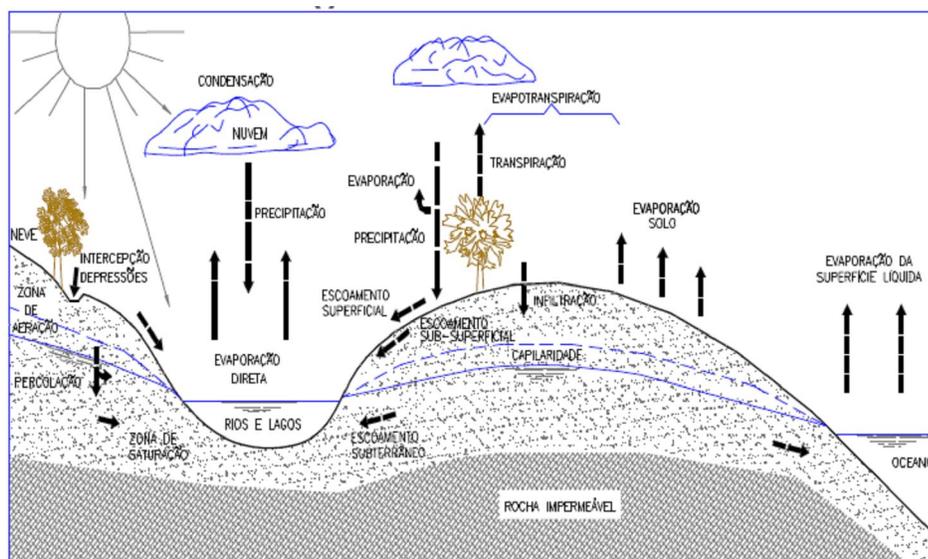


Figura 1: Ciclo hidrológico
Fonte: Castellano e Chaudhry (2000)

Como se pode observar o sol possui um papel fundamental, através da radiação solar é evaporada a água de rios, lagos, oceanos. Com a evaporação, formam-se as nuvens, e das nuvens a água retorna ao solo sob a forma de precipitação.

A evapotranspiração é o processo pelo qual ocorre a evaporação da água do solo e das superfícies líquidas, bem como a transpiração dos vegetais. Esse processo de evapotranspiração da vegetação possui importantes funções no ciclo hidrológico, tais como:

- Acelera o processo de evaporação através da transpiração da superfície das folhas, repondo o vapor d'água na atmosfera;
- Contribui em parte para o equilíbrio do clima e da própria atmosfera e;
- Previne fenômenos de erosão provocados pela ação mecânica da água sobre o solo.

Assim como as águas da superfície, as águas subterrâneas estão em constante mudança. Ao longo dos anos, décadas e séculos, elas encontram seu caminho para as calhas dos cursos d'água e em seguida retornam aos oceanos.

Segundo Villiers (2002), de 10% a 20% da água precipitada encontra caminhos para os sistemas de água subterrânea, o que favorece a recarga dos aquíferos. Citando o mesmo autor, o fenômeno de “super exploração dos sistemas de água subterrânea”, que consiste na retirada de um volume de água superior aquele que retorna ao aquífero naturalmente, como também o uso desordenado das águas subterrâneas consiste num dos problemas dito “invisíveis” com relação à gestão das águas que a humanidade tem a enfrentar.

A água constitui parte integrante do organismo humano, representando cerca de 70% da sua composição, sendo indispensável ao desempenho de funções fisiológicas fundamentais (BRANCO, 1991).

O homem necessita da água para a sua sobrevivência e realização de diversas atividades que desempenha durante o seu dia a dia. De acordo com Von Sperling (1995) os principais usos da água são os seguintes: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, geração de energia elétrica, navegação e diluição de despejos.

Segundo Villiers (2002), devido ao crescimento populacional, os usos da água irão depender fundamentalmente da adaptação das pessoas ao ciclo da água. Assim o ser humano precisa desenvolver conhecimentos, habilidades, procedimentos e instituições que sejam capazes de realizar a gestão das águas de forma integrada e abrangente, a fim de manter o suprimento deste recurso tanto em quantidade quanto em qualidade.

3.1.1 Precipitação Atmosférica

Garcez e Alvarez (1988) entendem por precipitações atmosféricas o conjunto de águas originárias do vapor de água atmosférico que cai em estado líquido ou sólido, sobre a superfície. A precipitação pode acontecer sob as seguintes formas:

Chuveiro - precipitação de água líquida onde o diâmetro da gota é inferior a 0,5 mm.

Chuva - precipitação de água líquida onde o diâmetro da gota é superior a 0,5 mm.

Granizo - pequenos pedaços de gelo com um diâmetro inferior a 5 mm, que se formam a grandes altitudes e atingem a superfície.

Neve - precipitação de cristais de gelo provenientes da sublimação do vapor de água ou do congelamento lento das gotículas de água nas altas camadas da troposfera e que, em certas condições, podem aglomerar-se produzindo flocos.

Como o foco da atenção deste trabalho são as precipitações em forma de chuva, será explicado a seguir esse tipo de precipitação.

A formação das precipitações atmosféricas ocorre através do ar quente e úmido que, elevando-se por expansão adiabática, se resfria até obter seu ponto de saturação. Uma parte deste vapor se condensa em aerossóis de gotículas de água formando as nuvens, essas gotículas são mantidas em suspensão pelo efeito da turbulência ou de correntes de ar ascendentes. Quando elas atingem tamanho necessário (gota) para vencer a resistência do ar, deslocam-se em direção do solo formando as precipitações (VILLELA; MATTOS, 1975)

Dependendo do mecanismo principal pelo qual se produz a ascensão do ar úmido, as precipitações podem ser classificadas em:

Convectivas: características das regiões equatoriais e tropicais, onde os ventos são fracos e os movimentos de ar são essencialmente verticais, podendo ocorrer nas regiões temperadas por ocasião do verão (tempestades violentas). Geralmente são chuvas de grande intensidade e de pequena duração, restritas a pequenas áreas. Estas precipitações podem provocar fortes inundações em pequenas bacias hidrográficas.

Orográficas: são chuvas que resultam de uma subida forçada da massa de ar quando no seu trajeto se apresenta uma elevação no relevo. O ar ao subir, arrefece, o ponto de saturação diminui, a umidade relativa aumenta e dá-se a condensação e, conseqüente formação de nuvens, dando origem à precipitação. São chuvas de intensidade baixa a moderada, de longa duração e que abrangem grandes áreas.

Frontais ou ciclônicas: são chuvas de grande duração, atingindo grandes áreas com intensidade média. Estas precipitações podem vir acompanhadas por ventos fortes com

circulação ciclônica e podem produzir inundações em grandes áreas. Resultam da interação de massas de ar quentes e frias. Nas regiões de convergência na atmosfera, o ar mais quente e úmido é impulsionado para cima, resultando em seu resfriamento e na condensação do vapor de água, produzindo chuvas. Como as chuvas orográficas possuem intensidade baixa a moderada, de longa duração e que abrangem grandes áreas.

Tucci (1993) apresenta as grandezas que caracterizam um evento de precipitação. Sendo estas:

Altura pluviométrica (P ou r): é a espessura média da lâmina de água de chuva que recobriria a região, admitindo-se que essa água não infiltrasse, evaporasse e escoasse fora dos limites da região. Sua unidade é expressa comumente em milímetros de chuva, ou 1 litro por m² de superfície.

Duração (t): período de tempo que dura à chuva em questão.

Intensidade (i): é a relação entre a altura pluviométrica e a duração, $i=P/t$, expressa por mm/h ou litros/segundo/hectare.

Frequência de probabilidade e tempo de recorrência (Tr): é interpretado como o número médio de anos durante o qual se espera que a precipitação analisada seja igualada ou superada.

Aparelhos utilizados para obter medidas de precipitações

Pluviômetro: Trata-se de um recipiente de volume (funil), que tem por finalidade medir o total da precipitação ocorrida em 24 horas. Através da graduação existente em um frasco junto ao funil, utiliza-se como unidade de medida o mm/dia, pois a leitura é realizada manualmente após um dia de precipitação, como visualizado na Figura 2.

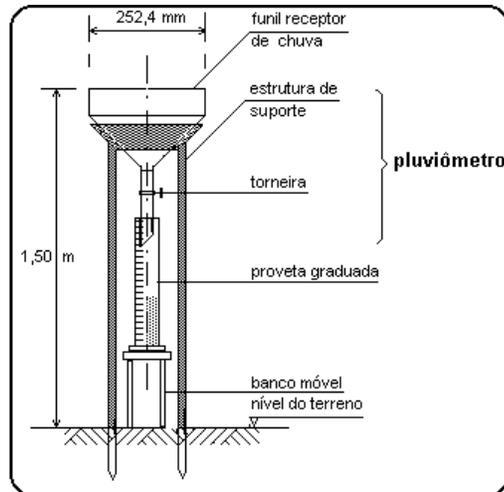


Figura 2: Representação esquemática de um pluviômetro

Fonte 2: www.fag.edu.br/professores/muller/PRECIPITA%C7%C3O.ppt

Pluviógrafo: Trata-se de um coletor (funil) trabalhando ligado a um registrador, permitindo assim analisar as intensidades das precipitações em relação do tempo.

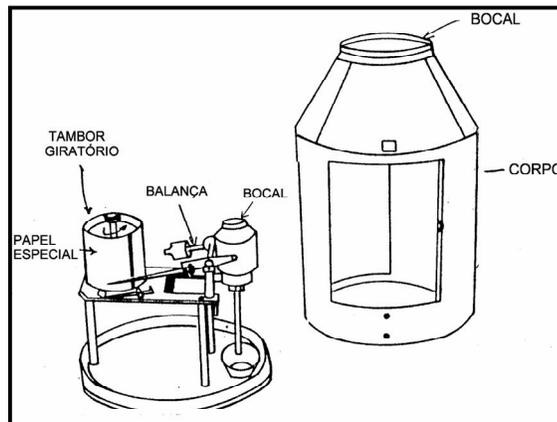


Figura 3: Representação esquemática de um pluviógrafo

Fonte 3: www.fag.edu.br/professores/muller/PRECIPITA%C7%C3O.ppt

Intensidade de precipitação (i)

É a quantidade de água que cai numa área pré-determinada (m^2), em um determinado espaço de tempo. A área de captação m^2 transforma a medida de volume para altura e geralmente está classificada assim:

- Região de baixa precipitação: < 800 mm/ano
- Região de média precipitação: 800 a 1600 mm/ano
- Região de alta precipitação: > 1600 mm/ano

Porém, dependendo da necessidade, a duração das chuvas podem ser medidas em minutos, horas, dias ou até em anos de ocorrência (BOTELHO, 1998).

Conforme a literatura especializada, a fórmula geral utilizada para cálculo da intensidade da precipitação é:

$$i = \frac{K \cdot Tr^m}{(t + t_o)^n}$$

Em que:

i = intensidade de precipitação máxima média (mm/h)

t = tempo de duração da chuva (min)

Tr = tempo de recorrência (anos)

K, to, m, n = parâmetros a serem determinados de acordo com as características locais.

Segundo Silveira (2006), a equação atualizada a ser utilizada em Cuiabá é:

$$i = \frac{1016,453 \cdot Tr^{0,133}}{(t + 7,5)^{0,739}}$$

Duração (t)

A duração de uma chuva refere-se ao instante em que se iniciou a precipitação até seu término. Pode ser medida em minutos, horas ou dias, dependendo do uso a que esta informação se destina. Segundo Botelho (1998) com base em dados experimentais “Chuvas muito fortes (intensas) possuem curta duração e chuvas fracas (baixa intensidade) são prolongadas”

Todo estudo hidrológico deve levar em consideração o macro clima de uma bacia hidrográfica. O tipo de precipitação, por exemplo, está diretamente associado às condições atmosféricas dominantes. Atualmente, várias informações relacionadas ao clima e hidrologia estão disponíveis nas redes oficiais de meteorologia, como por exemplo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com informações disponíveis no site: www.inmet.gov.br

3.2 Histórico da coleta e aproveitamento da água de chuva

Apesar de parecer uma nova tecnologia, a captação e utilização de águas de chuva em sistemas individuais de abastecimento de água tem sido uma prática usual há milhares de anos. De acordo com Tomaz (2003) existem reservatórios escavados há 3.600 a.C., e a Pedra Moabita, uma das inscrições mais antigas do mundo, encontrada no Oriente Médio é datada de 850 a.C., onde o rei Mesha dos Moabitas sugere que as casas tenham captação de água de chuva.

Segundo Rainwater Harvesting and Utilisation¹ (2002 apud OLIVEIRA, 2004) em Istambul na Turquia, durante o governo de César Justinian (a.C. 527-565), foi construído um dos maiores reservatórios do mundo denominado de Yerebatan Sarayi, que totaliza um volume de 80.000 m³ com objetivo de armazenar água da chuva.

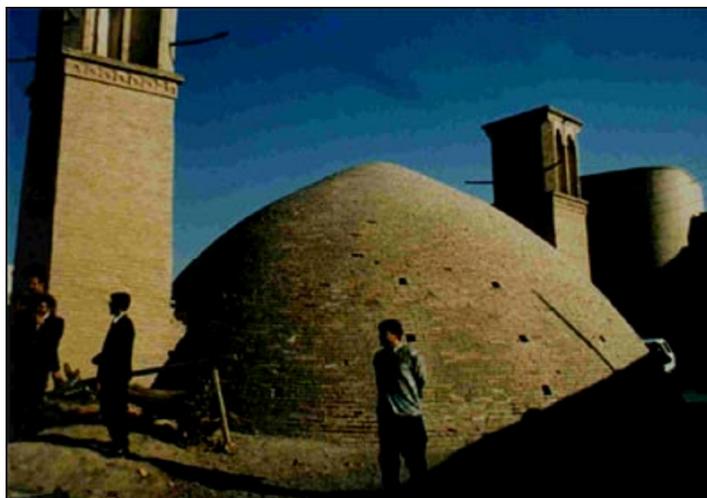
Na ilha de Creta são encontrados inúmeros reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C. com a finalidade de aproveitamento da água da chuva para o consumo humano. No palácio de Knossos, nessa mesma ilha, a aproximadamente 2000 a.C. eram aproveitadas as águas da chuva para descarga em bacias sanitárias conforme Rainwater Technology Handbook² (2001 apud TOMAZ, 2003).

Conforme Silva et al. (1988) verdadeiras obras de arte referente à captação de águas da chuva são encontradas nas regiões semi-áridas do mundo como na Ásia e no Norte da África. Estas instalações ainda estão em atividade, captando água da chuva de telhados ou da superfície da terra e realizando seu armazenamento em grandes cisternas. No Norte do Egito – África, foram encontrados recentemente tanques de 200 a 2000 m³, sendo, muitos deles utilizados até hoje.

No Irã podem ser encontrados os Abanbars, um tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário (Figura 4). Há 2000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento de água de chuva no deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia (GNADLINGER, 2000).

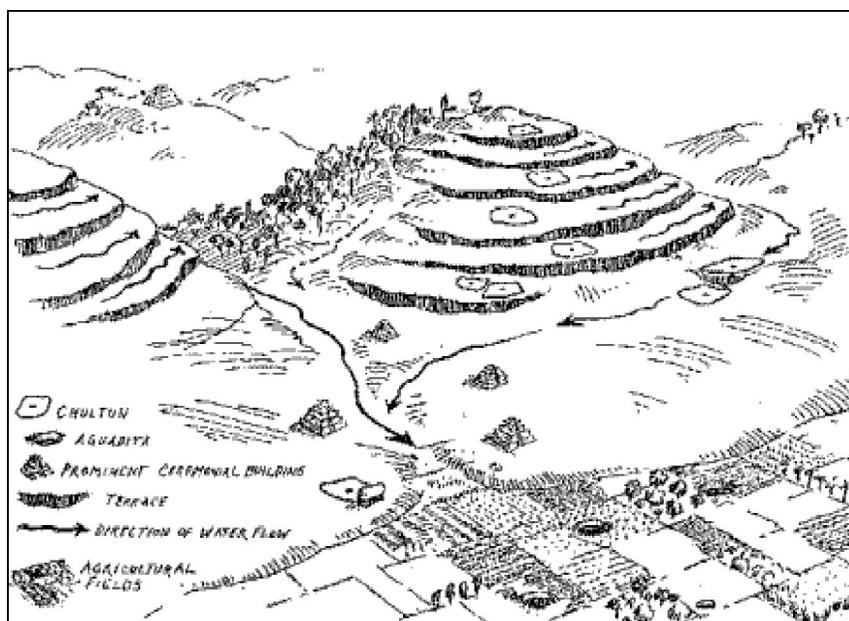
¹ **Rainwater Harvesting and Utilization.** Newsletter and Technical Publications. Disponível em: <<http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/index.asp>>

² VICKERS, A.. **Handbook of water use and conservation.** Massachusetts, Water.



**Figura 4: Abanbars, tradicional sistema de captação de água comunitário do Irã.
Fonte: Gnadlinger (2000)**

Nas Américas, Gnadlinger (2000) salienta as práticas pré-colombianas do povo Maia na península de Yucatan, hoje México. O México como um todo é rico em antigas e tradicionais tecnologias de coleta de água da chuva, datadas da época dos Astecas e Maias. Ao sul da cidade de Oxkutzcab, ao pé do monte Puuc, ainda hoje podem ser encontradas as realizações do povo Maia. No século X existia ali uma agricultura baseada no aproveitamento da água de chuva. As pessoas habitavam nas encostas e sua água potável era fornecida por cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, chamadas Chultuns (Figura 5).



**Figura 5: Chultuns, cisternas em encostas com capacidade para 20.000 a 45.000 L
Fonte: Gnadlinger (2000)**

Estas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5 metros e eram escavadas no subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia uma área de captação de 100 a 200 m². Nos vales usavam-se outros sistemas de captação de água de chuva, como as aguadas (reservatórios de água de chuva cavados artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e as aquaditas (pequenos reservatórios artificiais para 100 a 50.000 litros). Estas aguadas e aquaditas eram usadas para irrigar árvores frutíferas e bosques, além de fornecer água para o plantio de verduras e milho em pequenas áreas. Muita água era armazenada, garantindo-se água até para períodos de seca inesperados.

Em Santa Catarina tem-se o primeiro uso comprovado da água de chuva em solo brasileiro, no século XVIII, por ocasião da construção das fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Ratonos (Figura 6) situada na Ilha de Ratonos, sem fonte de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados. Esta água era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (OLIVEIRA, 2004).

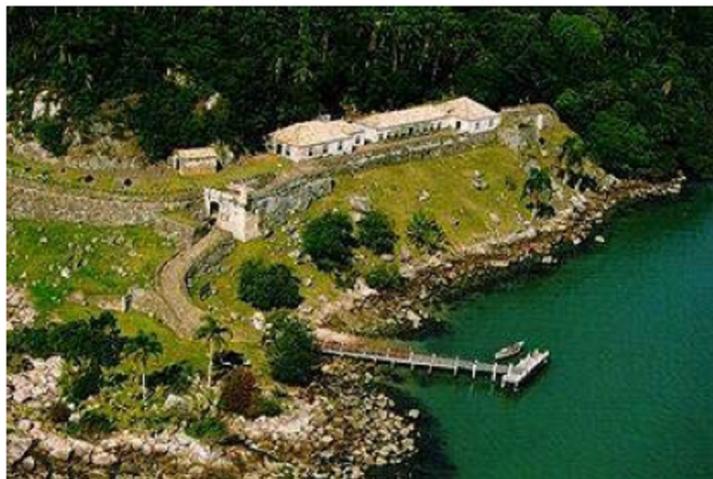


Figura 6: Fortaleza de Ratonos em Florianópolis
Fonte: Projeto Fortalezas multimídias

3.2.1 Coleta e aproveitamento da água de chuva nos dias atuais

A água é considerada o principal recurso natural, sendo indispensável para o desenvolvimento dos seres vivos e de diversas atividades humanas, tais como: agrícolas, industriais, comerciais e culturais. Entretanto a água vem sendo intensamente degradada por essas atividades, gerando assim crises no seu abastecimento.

O manejo e o aproveitamento da água de chuva para uso nas mais diversas atividades humanas, vêm tendo ênfase em diversas partes do mundo, sendo este considerado um meio

simples e eficaz de atenuar o grave problema ambiental gerado pela crescente escassez de água para o abastecimento das diversas demandas geradas pela sociedade.

A dimensão da importância do “ressurgimento” desta tecnologia pode ser retratada pela repercussão internacional que surgiu a seu respeito. Em 1994, na cidade americana de Austin, Texas, foi formada a Associação Americana de Captação de Água da Chuva. E em abril de 1998 foi criada a Associação Japonesa (GONDIM, 2001).

Mais recentemente em 1999, por ocasião da “9º Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água da Chuva” e do “2º Simpósio Brasileiro sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva” realizados simultaneamente em Petrolina, foi criada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva – ABMAC (SICKERMANN, 2002).

Segundo Sickermann (2000) na Europa, principalmente na Alemanha, são muitos os exemplos de aplicação de novas tecnologias em áreas urbanas. O objetivo da instalação dos sistemas de coleta de águas pluviais teve o seu início com a finalidade principal de combater as enchentes urbanas, decorrentes da impermeabilização do solo, devido à pavimentação asfáltica e as construções, que impedem que a água seja absorvida. Cerca de cinquenta empresas européias são especializadas na fabricação de equipamentos para coleta, filtragem e armazenamento da água de chuva. Só na Alemanha, cerca de 100 mil sistemas de captação são instalados por ano, sendo que a maioria das novas construções adota o sistema e em alguns municípios existem incentivos por parte dos órgãos municipais.

Algumas empresas da Europa também podem ser citadas como a Volkswagen AG que utiliza a água de chuva nas torres de resfriamento em várias unidades de produção na Alemanha e na Polônia, suprimindo 10% da demanda total. O Centro de Manutenção da Lufthansa-Technik AG, em Hamburgo, na Alemanha, utiliza a água de chuva principalmente em serviços de lavagem de aeronaves e na seção de pinturas, substituindo até 60% da demanda anteriormente suprida por água canalizada (SICKERMANN, 2002).

Segundo Kita et al (1999), em Tóquio no Japão a coleta de água é muito intensa por dois motivos: os reservatórios de água que abastecem a cidade ficam bastante distantes e a cidade apresenta grandes índices de superfícies pavimentadas, impedindo a infiltração da água no solo. Assim são dois tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva utilizados no Japão: o sistema de reservatórios de água de chuva e o sistema de valas de infiltração de água de chuva. Esses sistemas oferecem as seguintes vantagens: a diminuição no risco de inundações urbanas, favorecem a economia de água potável na rega de jardins, lavagem de veículos, sistemas de combate a incêndio, lavagem de roupas e vasos sanitários e ainda proporcionam a recarga de aquíferos subterrâneos.

Tomaz (2003) descreve que na cidade de Kitakyushu no Japão, em 1995, foi erguido um edifício com 14 pavimentos, onde foi previsto a utilização da água de chuva. Para tanto, foi construído um reservatório enterrado com volume de 1 milhão de litros. Nesse edifício, as águas servidas, isto é, as águas de lavatórios, torneiras e máquinas de lavar roupas são reaproveitadas, juntamente com a água de chuva para alimentação de todos os vasos sanitários.

Ainda citando o mesmo autor nos Estados Unidos, o aproveitamento da água de chuva destina-se principalmente à demanda de vasos sanitários, a lavagem de veículos, ao resfriamento evaporativo, a irrigação de jardins e hortas. Em alguns estados, como por exemplo, no estado da Califórnia são oferecidos financiamentos para os interessados em colocar sistemas de captação e aproveitamento da água de chuva nas suas residências. Em Hamburgo na Alemanha, tal incentivo é oferecido também com o objetivo de conter picos de enchente, irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias entre outros fins não potáveis.

3.2.2 Coleta e aproveitamento da água de chuva no Brasil

Soares et al (2000) descrevem que o sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva é considerado uma técnica popular, principalmente em regiões semi-áridas brasileiras. Como o semi-árido apresenta uma distribuição irregular nas precipitações, uma alta taxa de evaporação potencial e uma grande parte do subsolo apresenta formações cristalinas sem a formação de grandes aquíferos subterrâneos; a coleta de água de chuva se mostra como uma opção altamente indicada para disponibilizar água para as atividades humanas.

Um sistema que tem se mostrado eficaz na coleta da água de chuva em regiões do semi-árido brasileiro é uso de cisternas constituídas de materiais tais como: argamassa de cimento, reforçada com arame e tela; cisternas de placas de cimento pré-moldadas, entre outras. A construção de cisternas nessas regiões trouxe vários benefícios para população que se utiliza desse sistema, tais como: foi facilitada a rotina doméstica, há disponibilidade de água para as atividades cotidianas e também se diminuiu o risco de doenças de veiculação hídrica onde é feita a manutenção adequada na cisterna.

Segundo Palmier (2001) esses sistemas de coleta de água da chuva vêm sendo utilizados em estados nordestinos do país e no estado de Minas Gerais, porém não há uma sistematização no uso dessas técnicas. Grande parte das cisternas instaladas não são monitoradas nos aspectos de qualidade da água armazenada, denotando assim, que apesar dos benefícios visíveis no provimento de água para a população da região semi-árida brasileira, a

importância da coleta da água de chuva é pouco compreendida pela maioria dos técnicos, governantes e também pela maioria da população. Havendo ainda a necessidade da realização de pesquisas para avaliar o potencial do aproveitamento da água de chuva em todo o país.

Saindo da esfera do semi-árido, podem ser citadas algumas experiências de empresas sediadas no Brasil que realizam o aproveitamento da água de chuva como forma de minimizar os gastos com o consumo de água potável e assumirem uma posição de destaque frente às políticas ambientais e sociais.

A construtora Plaenge, em Cuiabá, contratou uma empresa especializada para elaborar um sistema de aproveitamento de água de chuva para a irrigação de jardins e limpeza no piso térreo das edificações. Este sistema foi implantado no edifício Clarice Lispector, lançado no início de 2003. O sistema consiste em captar as águas pluviais do telhado do edifício, transportar por condutores até um reservatório localizado no subsolo, passando por filtros para retirar as impurezas sólidas. Neste reservatório há uma bomba que leva a água para a rede de torneiras utilizadas para a irrigação dos jardins e para a lavagem de pisos das áreas comuns do prédio. O sistema de captação pode gerar uma economia de 50 mil litros por mês, podendo variar em função dos índices de precipitação. A água coletada é utilizada no período de seca, quando o seu consumo é maior (ESTAÇÃO VIDA, 2003).

Uma empresa de couro, no município de Maracanaú-CE, com o uso de tecnologias limpas está economizando cerca de 30% da água consumida através da implantação de sistemas de reutilização e aproveitamento de água de chuva. A água de refrigeração das máquinas é levada para uma cisterna para ser reutilizada no processo de produção. Nesta mesma cisterna é armazenada a água de chuva captada que também será utilizada na produção. Este projeto foi desenvolvido com a parceria do Núcleo de Tecnologias Limpas do Ceará. São utilizados de dois a três mil metros cúbicos de água de chuva por mês, quando o consumo total é de seis a sete mil m³ de água bruta, gerando uma economia de aproximadamente 30% (MESQUITA, 2003).

Em São Paulo, a empresa Santa Brígida, cuja garagem abriga mais de 500 ônibus, toda a água de chuva que cai sobre os 9 mil metros quadrados da área coberta é captada por canaletas e direcionada para uma rede de piscinões subterrâneos, com capacidade para 150 mil litros cada um. Esta água é aproveitada para a lavagem de pisos, peças e veículos, sem receber nenhum tratamento. A empresa faz cerca de 700 lavagens de ônibus diariamente. Cada operação usa, em média, 400 litros de água, o que significa um consumo diário de 280 mil litros só para a limpeza dos ônibus. Durante a estação das chuvas, a demanda é suprida quase completamente pela água de chuva captada (ESCOBAR, 2002).

Também em São Paulo está a Escola Viva, que atende crianças da Educação Infantil ao Ensino Fundamental. Desde 2000, esta instituição colocou em prática os princípios ambientais que ensina aos alunos e inaugurou o primeiro prédio ecológico do Brasil. O edifício foi construído de maneira que os recursos naturais fossem aproveitados sem causar impacto ambiental. A escola possui um telhado com um grande coletor de água da chuva, que depois de passar por um tratamento simplificado é usada nas descargas dos banheiros, na lavagem do pátio e para regar o jardim. A obra foi destaque nacional, conquistou o Prêmio Máster Imobiliário de 2001 (KERR, 2003).

Atualmente, com o surgimento de leis que tratam da captação de água da chuva para a contenção de cheias em várias cidades, e para o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em imóveis. Os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva têm se difundido rapidamente e os exemplos estão aumentando significativamente.

3.3 Normas para o aproveitamento da água de chuva

A legislação brasileira relacionada à água atualmente em vigor é a Política Nacional de Recursos Hídricos de 1997 (BRASIL, 1997).

Apesar do sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva ser utilizado há vários anos em algumas regiões do Brasil, não existe nenhuma legislação em nível nacional que gerencie de que maneira deve ser realizado esse aproveitamento. Sendo um dos motivos para inexistência dessa regulamentação legal para a implantação dos sistemas de aproveitamento da água de chuva, a falta de informações, tais como: a qualidade da água de chuva e o coeficiente de *runoff* entre outros vários aspectos inerentes ao tema.

Alguns municípios e estados brasileiros têm discutido a implantação de critérios ambientais na elaboração da legislação de suas cidades. A retenção da água de chuva, ainda é pouco difundida e aparece em algumas leis municipais como em Curitiba, São Paulo e no estado do Rio de Janeiro. O mesmo ocorre em outros municípios no interior de São Paulo, Paraná e outros estados, com legislações semelhantes as descritas a seguir.

Lei Nº. 10.785/2003 - Curitiba

No município de Curitiba a lei Nº. 10.785 de 18/09/03 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE que tem como objetivo instituir medidas visando induzir à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. A lei municipal tratou da implantação de sistemas de captação da água de chuva em novas edificações sem o qual será negado o alvará de construção.

“Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: a) rega de jardins e hortas; b) lavagem de roupa; c) lavagem de veículos; d) lavagem de vidros, calçadas e pisos”.

“Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as novas edificações”.

Decreto 12.342/1978 e Lei Nº. 13.276/2002 - São Paulo

O Código Sanitário do Estado de São Paulo, Decreto 12.342 de 27/09/78 determina no artigo 12 que sistemas de água não potável não devem ser misturados ou ter interligação ao sistema público de água potável e no artigo 19 que não se pode introduzir águas pluviais na rede de esgoto.

“Art. 12 – Não será permitida:

III – a interlocução de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que tenham água proveniente de outras fontes de abastecimento”.

“Art. 19 – É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgotos”.

A lei Nº. 13.276 de 04/01/02 torna obrigatória na Capital Paulista a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². A lei estabelece que a água captada deva preferencialmente ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada a rede de drenagem após uma hora do término da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis. Na cidade de São Paulo, assim como em outras cidades do estado tem como principal objetivo à captação da água de chuva é minimizar o risco de enchentes.

Lei nº 4.393/2004 – Rio de Janeiro

Esta lei dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivos para captação de águas da chuva e da outras providências.

Art. 1º - Ficam as empresas projetistas e de construção civil no Estado do Rio de Janeiro, obrigadas a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água de chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos empreendimentos comerciais com mais de 50 m² de área construída, no Estado do Rio de Janeiro.

Art. 2º - A caixa coletora de água de chuva será proporcional ao número de unidades habitacionais nos empreendimentos residenciais ou à área construída nos empreendimentos comerciais.

Parágrafo único - As caixas coletoras de água de chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável, a utilização da água de chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de autos, molhação de jardins, limpeza, banheiros, etc..., não podendo ser utilizadas nas canalizações de água potável.

Como indicação normativa, a referência nacional é a ***NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*** (ABNT, 2007). Este projeto de Norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, e 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, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Segundo a NBR o reservatório deverá possuir as mesmas especificações de construção utilizadas nos reservatórios de água potável, tais como: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. O reservatório quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada. A limpeza do reservatório deverá ser feita pelo menos uma vez ao ano com hipoclorito de sódio (ABNT, 1998). Os volumes de água não aproveitados devem ser lançados na rede de galerias pluviais ou infiltrados no solo desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático. E a água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasamento.

Quando das instalações prediais de água, estas devem atender a NBR 5626/98, onde devem ser tomadas precauções com relação à interligação entre a água potável e a água não potável. As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados; o sistema de distribuição deve ser independente do sistema de água potável, bem como os reservatórios deverão ser separados; os pontos de utilização da água não potável devem ser de uso restrito e possuir identificação gráfica.

Com relação à qualidade da água, os padrões de qualidade serão definidos pelo projetista em função da utilização prevista. Para usos restritivos devem ser observados os seguintes aspectos: Cloro residual livre 0,5mg/L a 3mg/L (verificação mensal); Turbidez < 2 uT e para usos menos restritivos <5 uT (verificação mensal); Cor aparente <15 uH (verificação mensal); Coliformes totais e termotolerantes: ausentes em 100mL (análises semestrais) e pH entre 6,0 e 8,0.

3.4 Aproveitamento da água de chuva

De acordo com Palmier (2001), a questão dos recursos hídricos em diversos países apresenta um grande desafio para as autoridades responsáveis.

De fato, em algumas regiões, a demanda de água excede a quantidade disponível. Assim nos últimos anos tem se observado o desenvolvimento de novas tecnologias referentes ao manejo dos recursos hídricos, com isso observa-se também novas expansões no aproveitamento da água de chuva.

Palmier (2001) descreve que técnicas baseadas em práticas antigas e tradicionais, com o uso de materiais modernos, ou de novas tecnologias, são chamadas de “Técnicas de gestão de água de chuva”, sendo as mais representativas as seguintes:

- Redução da evaporação;
- Coleta da água de chuva;
- Coleta da água de escoamento superficial;
- Recarga artificial de aquíferos subterrâneos;
- Conservação da umidade do solo;
- Previsão de água de chuva para agricultura.

Porém o maior obstáculo para a disseminação do uso dessas técnicas não são os problemas operacionais, mas sim a falta de um gerenciamento eficiente da água. Por meio de

ações que possam a título de exemplo: garantir a disponibilidade da água em quantidade e em qualidade, como também combater a cultura da abundância, do desperdício e da degradação.

Segundo a Organization of American States (1997 apud PALMIER 2001) na América do Sul e Caribe os maiores problemas enfrentados para implementar as técnicas de gestão são:

- Dificuldade de difusão de informações sobre técnicas aplicadas com sucesso;
- Falta de conhecimento e importância dessas técnicas, nos vários níveis de participação pública e tomada de decisão;
- Limitações econômicas;
- Ausência de coordenação interinstitucional e multidisciplinar;
- Ausência de legislação adequada;
- Incapacidade de avaliar de forma apropriada o impacto da introdução de tecnologias alternativas nas situações existentes.

É importante que se faça um planejamento da utilização de um sistema de aproveitamento de água de chuva a fim de se verificar a quantidade de água que poderá ser coletada e armazenada, além de verificar a necessidade de tratamento da água de chuva e também analisar os benefícios da utilização conjunta da água de chuva com outras possíveis formas de reaproveitamento de água. Certamente é necessário que a água coletada seja devidamente armazenada e tratada, para que garanta a qualidade compatível com os usos previstos.

O aproveitamento da água de chuva torna-se atraente em áreas que apresentem precipitação elevada, áreas com escassez de abastecimento e, também, em áreas com alto custo para extração de água subterrânea.

Existem dois fatores positivos no uso da água de chuva em áreas urbanas, sendo estes: a redução no consumo de água proveniente da rede de abastecimento público e a melhor distribuição da carga de água de chuva imposta aos sistemas de drenagem urbana. Uma desvantagem deste sistema é a diminuição do volume de água coletada durante os períodos de estiagem.

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva podem ser aplicados no abastecimento de vasos sanitários, em sistemas de ar condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e ainda na irrigação de jardins. Nas indústrias e estabelecimentos comerciais, a água de chuva pode ser utilizada para o resfriamento de máquinas e telhados, climatização interna, lavanderia industrial, lava-jatos de caminhões, carros, ônibus e limpeza industrial.

3.5 Sistemas de aproveitamento da água de chuva

Um sistema de aproveitamento da água da chuva possui características próprias e individualizadas e atende ao princípio do saneamento ecológico, sendo na essência independente de um sistema centralizado. Quando se utiliza deste, está se promovendo auto-suficiência e ainda se contribui para a conservação da água.

Coletar água de chuva não é apenas conservar a água, mas também a energia, considerando o consumo necessário para a operação de uma estação de tratamento de água, o bombeamento e as operações correlatas de distribuição entre reservatórios. Estudos mostram que o custo energético tem se constituído num montante aproximado de 25% a 45% do custo total de operações de sistemas de abastecimento de água (GONÇALVES, 2006).

Por outro lado, o aproveitamento da água da chuva reduz a erosão local e as enchentes causadas pela impermeabilização de áreas como coberturas, telhados e pátios, através da captação e do armazenamento da água precipitada. Desta maneira, a água de chuva que escoaria e poderia causar uma enchente, com todo o risco de contaminação dos corpos d'água, está disponível para diferentes usos.

Pode-se dizer que um sistema de aproveitamento de água de chuva é um sistema descentralizado e alternativo de suprimento de água visando entre outros a conservação dos recursos hídricos reduzindo a demanda e o consumo de água potável.

De acordo com o manual da Agência Nacional de Águas, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e Sindicato da Construção do estado de São Paulo (ANA/FIESP/SindusCon-SP, 2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Segundo Leal (2000), o sistema de aproveitamento de água de chuva funciona da seguinte maneira: a água é coletada de áreas normalmente impermeáveis, geralmente

telhados. Em seguida, a água é filtrada e armazenada em reservatórios de acumulação que podem ser enterrados ou elevados e serem construídos de diferentes materiais como: concreto armado, blocos de concreto, alvenaria de tijolos, aço, plástico, poliéster, polietileno e outros.

3.5.1 Componentes de um sistema de aproveitamento da água de chuva

O sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações é formado pelos seguintes componentes:

- **Área de coleta:** a quantidade de água de chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta, da precipitação atmosférica do local e do coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*). As áreas normalmente utilizadas para coleta da água de chuva são os telhados ou lajes das edificações. Dependendo do uso ao qual se destina a água coletada e do tipo de tratamento a ser aplicado, a coleta da água de chuva pode ser realizada via superfícies impermeabilizadas, localizadas ao nível do chão tais como: pátios, calçadas, estacionamentos entre outros. Nas Figuras 7, 8 e 9 podem ser visualizadas essas áreas de coleta.

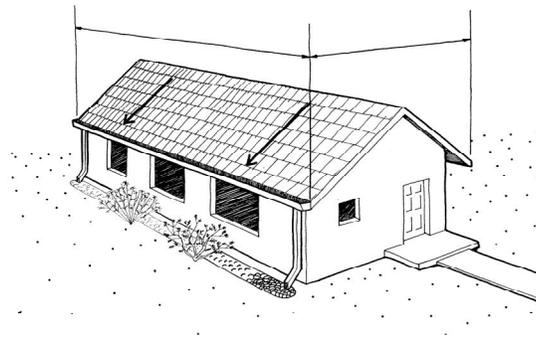


Figura 7: Área de coleta - telhado: comprimento x largura
Fonte: Waterfall (2002)

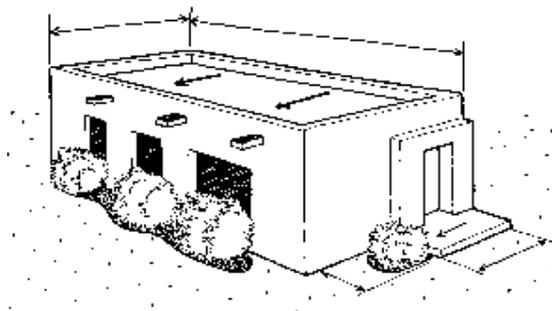


Figura 8: Área de coleta - laje: comprimento x largura
Fonte: Waterfall (2002)

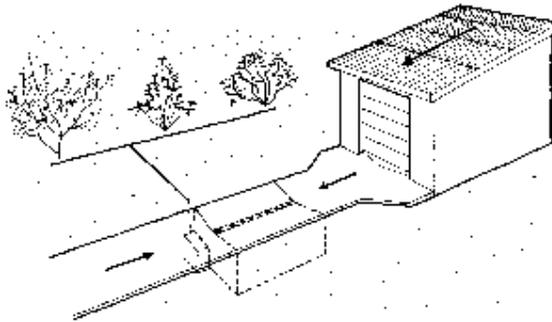


Figura 9: Área de coleta - telhado e pátio, com armazenamento em reservatório subterrâneo
Fonte: Waterfall (2002)

Para que não ocorra entupimento nos condutores que levam a água coletada ao reservatório de auto-limpeza ou um outro dispositivo, o sistema de coleta de água de chuva deve possuir um sistema de peneiras para a retirada de folhas, galhos e outros resíduos de maior porte. Podendo ser utilizados dispositivos protetores na saída da calha, como uma grade que percorra todo o comprimento da calha, ou ainda uma grade na entrada da água no reservatório de auto-limpeza.

O telhado para coleta de água de chuva pode ser feito de diversos materiais, tais como: cerâmica, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, vidro, policarbonato, acrílico, manta asfáltica entre outros.

- **Condutores:** o sistema de condutores horizontais (calhas) e condutores verticais têm por função transportar a água da chuva do telhado até o sistema de armazenamento.
- **Armazenamento:** sistema composto por reservatório(s) com o objetivo de armazenar a água da chuva. Com o conhecimento da área de coleta, da precipitação média do local e a demanda de água, pode-se calcular o volume mínimo do reservatório de água de chuva. Para Soares et al (2000) a problemática do dimensionamento do reservatório pode ser encarado de duas maneiras distintas: a quantidade de água para suprir a demanda, e encontrar a demanda com um grau de confiabilidade alto.

Geralmente o reservatório de acumulação é o componente mais dispendioso de um sistema de aproveitamento de água de chuva, portanto o seu dimensionamento deve ser adequadamente realizado para não tornar o sistema inviável do ponto de vista financeiro. Dependendo do volume necessário obtido por meio de cálculos e das condições locais, o armazenamento de água poderá ser realizado para atender as seguintes situações: armazenamento de água para suprir a demanda por alguns dias;

suprimento da demanda por 1 a 2 meses; para um semestre ou armazenar água para suprir a demanda por um ano inteiro. (GONÇALVES, 2006)

- **Tratamento:** o sistema de tratamento da água de chuva depende da qualidade da água coletada e do uso requerido para a mesma. Para um tratamento simples pode ser realizada: sedimentação natural, filtração simples e cloração. Podendo também, quando necessário, serem realizados tratamentos mais complexos, como: desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa.

Para a coleta de água de chuva faz-se necessária a instalação de condutores horizontais, condutores verticais, dispositivos para descarte de água de limpeza dos telhados e reservatório(s) de acumulação.

Um esquema de coleta de água de chuva pode ser observado na Figura 10.

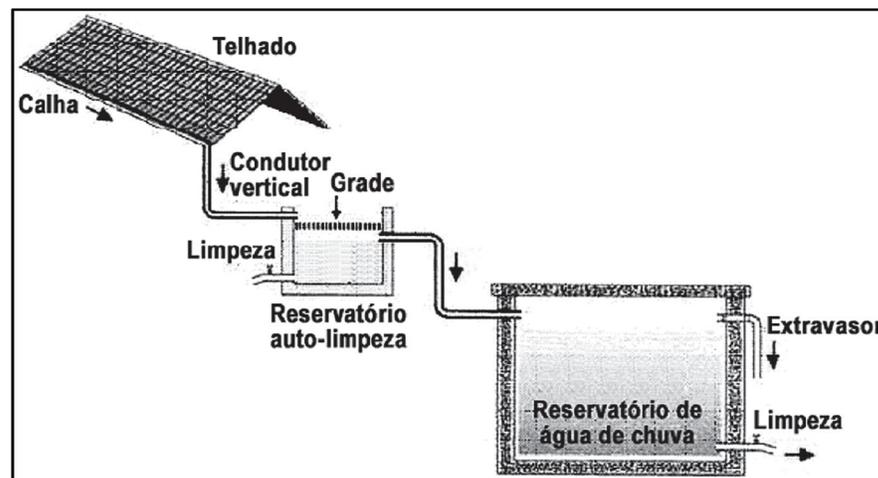


Figura 10: Esquema de coleta de água de chuva.

Fonte: May (2004)

Ainda segundo a necessidade ou disponibilidade no mercado, existem diferentes concepções de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Hermann e Schmida¹ (1999 apud GONÇALVES, 2006) destacam quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva:

(a) Sistema de fluxo total: toda a chuva coletada pela superfície de captação é dirigida ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O escoamento para o sistema de drenagem ocorre quando o reservatório está cheio. (Figura 11a)

¹ HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 307- 316, 1999.

(b) Sistema com derivação: neste caso, uma derivação é instalada no condutor vertical de água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante. Em muitos casos instala-se um filtro ou tela na derivação. A água que extravasa do reservatório é encaminhada ao sistema de drenagem. (Figura 11b)

(c) Sistema com volume adicional de retenção: o reservatório de armazenamento é capaz de armazenar um volume adicional, garantindo o suprimento da demanda e a retenção de água com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem. (Figura 11c)

(d) Sistema com infiltração no solo: o volume de água que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração no solo. Seguindo o exemplo dos tipos de sistemas configurados em a e c, toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou tela. (Figura 11d)

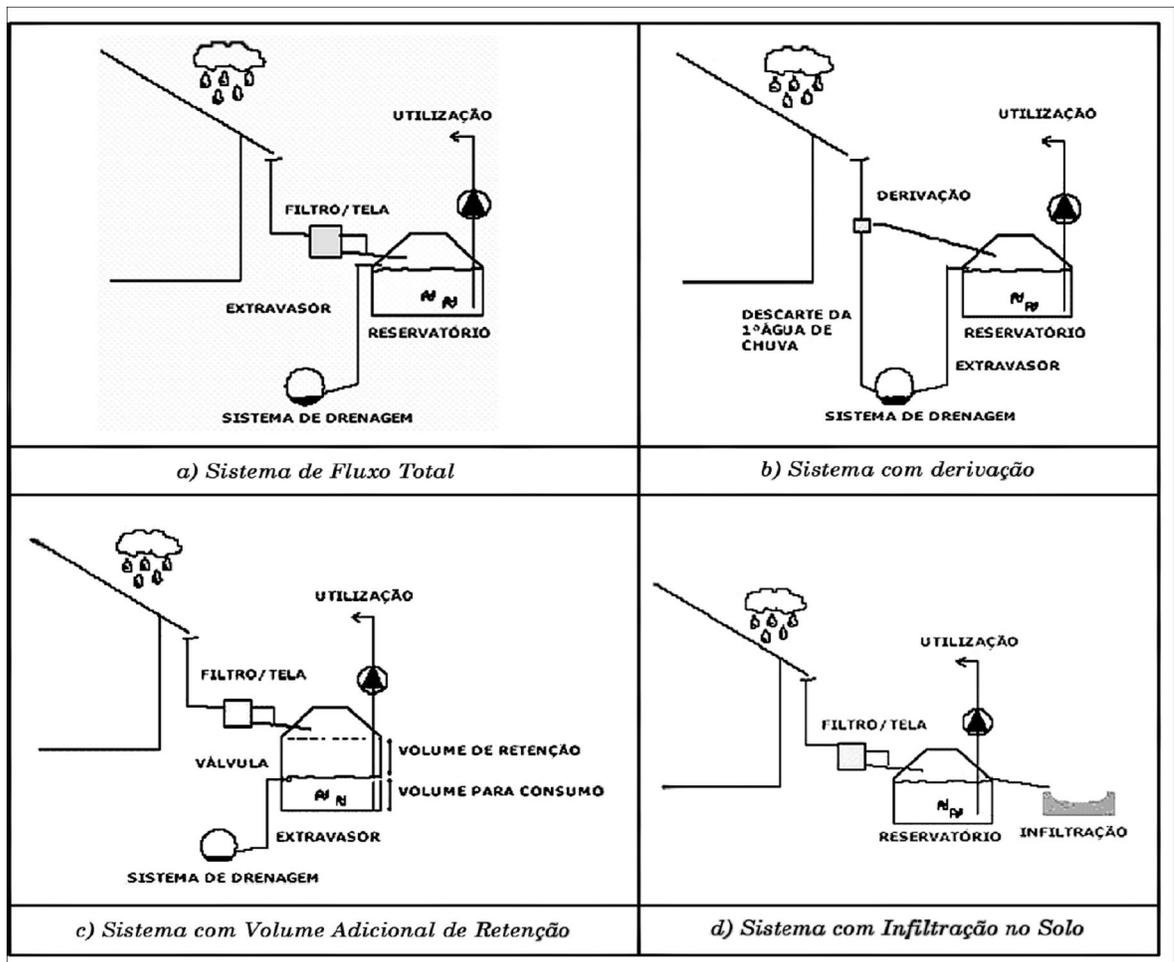


Figura 11: Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva

Fonte: Gonçalves (2006)

A coleta de água de chuva é um sistema de fácil manuseio, custo de implantação baixo (dependendo da tecnologia adotada) e rápido retorno financeiro em regiões onde a precipitação é relativamente elevada. A água de chuva tratada de maneira simples pode ser utilizada com vantagens quando comparado ao uso de um sistema de reutilização de águas servidas, embora possua como desvantagem a diminuição do volume de água coletada nos períodos de estiagem.

No sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva alguns cuidados deverão ser tomados com relação à instalação e manutenção do sistema, tais como:

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de microorganismos;
- A tampa de inspeção deverá encontrar-se sempre fechada;
- A saída do extravasor deverá ser dotada de grade para evitar a entrada de pequenos animais;
- Pelo menos uma vez ao ano deverá ser feita a limpeza do reservatório, removendo a camada de sedimentos acumulada no fundo;
- O reservatório de água de chuva deverá possuir uma pequena declividade no fundo para facilitar a limpeza e retirada dos sedimentos acumulados;
- É aconselhável dispor o reservatório de acumulação próximo ao condutor vertical, podendo este ser elevado, enterrado ou apoiado;
- A água coletada deverá ser destinada prioritariamente a usos não potáveis;
- Na situação de estiagens prolongadas deverá ser previsto o reabastecimento do reservatório de água de chuva com água potável da rede de abastecimento público, em quantidades que garantam a satisfação da demanda diária.
- Deverão ser tomados os devidos cuidados para que não haja contaminação da água potável pela água de chuva, caso os reservatórios sejam interligados;
- A entrada da água potável no reservatório de água de chuva deverá estar situada em cota superior à entrada da água de chuva, para que não ocorra o retorno da água de chuva para o reservatório de água potável;
- A tubulação de água de chuva deverá possuir coloração diferente da de água potável, podendo também ser utilizadas roscas e torneiras diferentes para evitar uma possível interconexão entre os sistemas de água de chuva e potável;
- Nos pontos de uso da água de chuva deverão ser afixados avisos gráficos indicando “Água não potável”;

- Deverá ser verificada a necessidade de filtração e cloração da água de chuva armazenada;
- Não deverá ser feita a conexão da rede de água potável com a rede de água de chuva no sistema de distribuição.

3.5.2 Remoção de materiais grosseiros e Técnicas de descarte da chuva inicial

Independente do sistema adotado para a coleta da água da chuva, deve-se evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento final, uma vez que estes poderão se decompor prejudicando a qualidade da água armazenada. A instalação de telas ou grades é uma maneira bastante simples para a remoção deste tipo de material, conforme podem ser visualizados nas Figuras 12a, b e c.

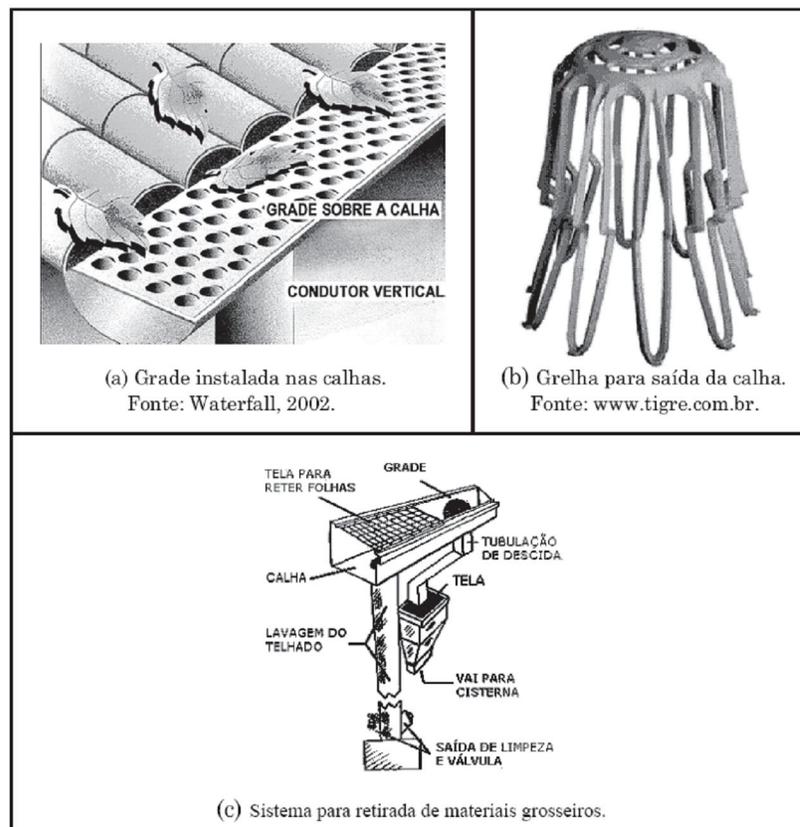


Figura 12: Dispositivos para remoção de materiais grosseiros
Fonte: Gonçalves (2006)

Inúmeros estudos na literatura técnica têm evidenciado que a primeira chuva ou chuva inicial é mais poluída, por lavar a atmosfera e a superfície de captação, quer sejam telhados ou superfícies do solo. Esta água da chuva inicial pode ser desviada do reservatório de forma manual por meio do uso de tubulações ou ainda de forma automática através de dispositivos de auto-limpeza.

Segundo ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), o reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação e os volumes descartados são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após períodos de estiagem.

Serão apresentadas a seguir algumas técnicas utilizadas para o descarte da água de limpeza dos telhados, técnicas estas que podem ser manuais ou automáticas.

- **Tonel para descarte da água de limpeza do telhado:** Segundo Dacach (1990), o funcionamento do tonel num sistema de coleta de água de chuva (Figura 13) ocorre da seguinte maneira: a água da chuva passa pela calha e desce pelo condutor vertical até chegar a um tonel com capacidade volumétrica de 50 L, neste tonel em sua parte inferior localiza-se um pequeno orifício (0,5 cm). A função desse orifício é regular a vazão de entrada, pois ao iniciar a chuva a água desce até o tonel, saindo parcialmente pelo orifício. Por ser relativamente pequena a vazão descartada pelo orifício, a água coletada vai subindo no tonel e posteriormente no trecho inferior do condutor vertical, até atingir a conexão com o ramal horizontal. À medida que a vazão do orifício vai crescendo, pelo aumento da carga, até atingir seu máximo valor, a água começa a escoar para o reservatório de água de chuva pelo ramal horizontal. A descarga do orifício só desaparece depois de certo tempo do término da precipitação, com o esvaziamento total do tonel. Assim a quantidade de água que é descartada é maior que a capacidade do tonel. Portanto, para chuvas de pequena intensidade não é possível seu aproveitamento, será somente atendida a vazão de descarte pelo orifício do tonel.

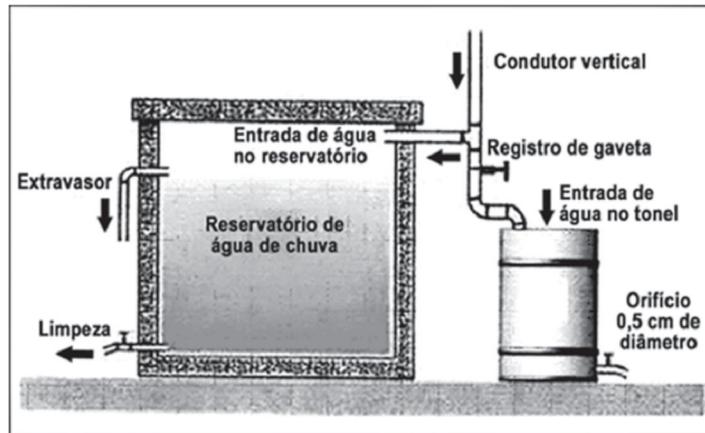


Figura 13: Reservatório de água de chuva com tonel de descarte
Fonte: Dacach (1990)

- Reservatório de auto-limpeza com torneira bóia:** Os reservatórios de auto-limpeza com torneira bóia (Figura 14) funcionam de maneira que, ao ser atingido um nível pré-estabelecido, a bóia fecha o condutor e só então a água da chuva é encaminhada para um reservatório de acumulação. A primeira água de chuva fica retida no reservatório de auto-limpeza, após o término da precipitação o registro de descarte desse reservatório deve ser aberto para o esvaziamento do mesmo, e o retorno às suas condições de funcionamento originais.

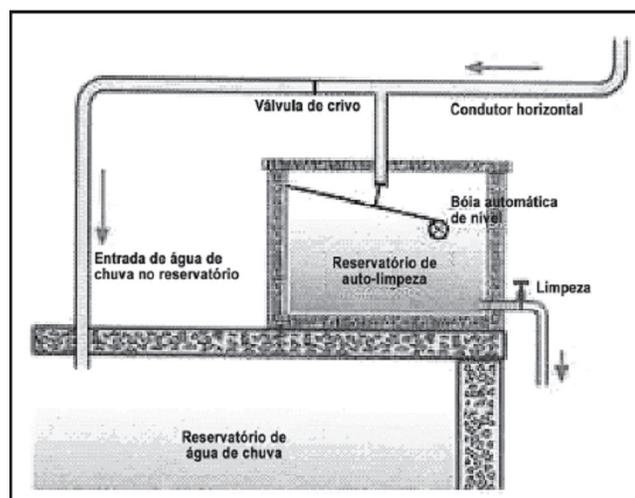


Figura 14: Reservatório de auto-limpeza com bóia de nível
Fonte: Dacach (1990)

Para o dimensionamento do sistema de descarte utiliza-se uma regra prática. Por exemplo, na Flórida (EUA), para cada 100 m² de área de telhado, descarta-se 40 litros,

ou seja, 0,4 L/m², entretanto, no Brasil, mais especificamente na região de Guarulhos usa-se 1,0 L/m² ou 1mm de chuva por m² (TOMAZ, 2003).

Em substituição a esse dispositivo automático citado anteriormente, pode-se utilizar um registro de controle manual. Sendo, porém seu uso restrito, o mesmo é condicionado à presença de uma pessoa para o manuseio do dispositivo quando do início da precipitação.

Um exemplo de um sistema comercial de coleta e aproveitamento da água de chuva é o da empresa 3P Technik. Seu sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva utiliza um filtro VF1(Figura 15) que possui o seguinte funcionamento: a água da chuva passa pelo condutor horizontal e desce pelo condutor vertical, passando pelo filtro VF1 onde ocorre a separação de detritos como folhas e galhos. A água que sai do filtro é encaminhada para um reservatório que possui um amortecedor de ondas para evitar a ressuspensão do material sedimentado no reservatório.



Figura 15: Filtro VF1 para coleta e aproveitamento da água de chuva
Fonte: 3P Technik (2009)

Segundo 3P Technik(2009) o filtro VF1 funciona da seguinte maneira: a água da chuva ao chegar ao filtro entra pelos vãos superiores (1) e é direcionada, passando pelos vãos da cascata (2). A sujeira mais grossa, como folhas e gravetos, passa por cima dos vãos e é direcionada para a galeria pluvial (5). Assim a água da chuva livre das impurezas maiores, passa então por uma tela de aço-inox com malha de 0,26 mm situada abaixo das ripas da

cascata (3); sendo então a água filtrada direcionada ao reservatório de acumulação (4). Este filtro é recomendado para telhados de até 300 m², existindo outros modelos de filtro disponíveis para telhados com área maiores.

3.5.3 Tratamento da água de chuva

Depois do descarte da chuva inicial algumas substâncias ainda permanecem na água da chuva onde, em alguns casos, faz-se necessário a utilização de dispositivos para a sua eliminação. De acordo com ANA/FIESP & SindusCon (2005), considerando os usos não potáveis mais comuns em edifícios, são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com radiação ultravioleta. Eventualmente podem ser utilizados sistemas mais complexos que proporcionem níveis de qualidade mais elevados. A qualidade da água de chuva pode variar de acordo com o local onde é feita a coleta (Quadro 1).

Quadro 1 – Variação da qualidade da água de chuva em função da área de coleta

Grau de purificação	Área de coleta da chuva	Observações
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas e animais)	Se a água for purificada pode ser consumida
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas e animais)	Usos não potáveis
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, estacionamentos	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento
D	Estradas	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento

Fonte: Group Raindrops (2002)

Segundo Group Raindrops (2002), devem-se levar em conta requisitos de qualidade dependendo do uso que se fizer da água de chuva armazenada, como observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Tratamentos requeridos para diversos usos da água de chuva

Uso previsto para água de chuva	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndios, condicionamento de ambientes	Cuidados para manter os equipamentos de armazenamento e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas sanitárias, lavagem de roupas e lavagem de carros	Tratamento higiênico, devido ao possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: Adaptado Group Raindrops (2002)

Estudos mostram que o tratamento da água pluvial captada (mesmo que realizado com uso de tecnologias simples) é obrigatório devido aos riscos associados ao material carreado pela água de chuva quando do escoamento sobre a cobertura. Observa-se a presença de material grosseiro, como folhas, gravetos, sementes e sólidos suspensos e dissolvidos originados de fezes de pássaros, gatos e roedores, além de material particulado fino sedimentado sobre as coberturas a partir de suspensão aérea. Também são encontrados microrganismos patogênicos presentes em águas de coberturas, conforme mostram pesquisas em cursos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), e também realizadas em outras instituições (MAY, 2004; REBELLO, 2004; GONÇALVES, 2006).

O tratamento para usos domésticos não potáveis é realizado visando alcançar características de qualidade compatíveis com os usos desejados. A norma brasileira relativa ao aproveitamento de águas pluviais (ABNT, 2007) estabelece que os padrões de qualidade "devem ser fixados pelo projetista de acordo com a utilização prevista".

No que se refere à qualidade microbiológica da água, uma referência razoavelmente adequada é BRASIL (2000), que define os padrões de potabilidade dos corpos d'água e que estabelece a qualidade da água para contato de toda superfície do corpo humano com a água por um período de tempo prolongado (balneabilidade). Essa resolução estabelece que são consideradas satisfatórias as águas nas quais "em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo mil coliformes fecais (termotolerantes)... por 100 mL". Dessa forma, uma referência inicial é um limite de 1000 coliformes termotolerantes/100 mL de água pluvial.

Com respeito aos parâmetros físicos e químicos, podem ser adotados como referência inicial os valores apresentados na norma brasileira (ABNT, 2007, item 4.5). Para casos específicos onde são previstos usos que requerem elevada qualidade da água podem ser utilizados os valores propostos em BRASIL (2004). Também podem ser citadas outras referências para balizar as comparações dos resultados dos parâmetros físicos e químicos, como exemplo ANA/FIESP/SindusCon (2005), BRASIL (2005), NBR 13969 (ABNT, 1997).

De maneira genérica o tratamento de águas pluviais é composto pelas seguintes partes (ALVES; ZANELLA; DOS SANTOS 2008):

- Filtração de materiais grosseiros;
- Descarte das águas de escoamento inicial;
- Filtração de materiais particulados finos;
- Desinfecção.

Filtração de Materiais Grosseiros: É obtida por meio de grades de barras ou telas metálicas com aberturas que variam da ordem de 2 mm a 6 mm, e que são interpostas no fluxo das águas pluviais captadas na cobertura e conduzidas pelos coletores.

Encontram-se no mercado diversas soluções desse tipo de filtração e a escolha dos modelos existentes é função da área de cobertura a que vão servir. A Figura 17 mostra um filtro de material grosseiro instalado em trecho horizontal de tubulação.

A função desses filtros é reter o material grosseiro (folhas, gravetos e particulados de maior dimensão) deixando passar água e sólidos grosseiros mais finos. Ensaios realizados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) mostram que, em geral, os sólidos grosseiros são retidos na sua totalidade na maioria dos filtros, e que a eficiência no aproveitamento de água tende a cair com o aumento da vazão.

Os filtros de material grosseiro podem funcionar de maneira a lançar o material coletado para fora da tubulação automatizadamente ou requerer limpeza manual periódica.

Descarte: Estudos realizados no IPT mostram que o descarte das primeiras águas escoadas de coberturas é altamente recomendado, particularmente após vários dias sem chuva, como ocorre nos períodos de estiagem, devido à elevada concentração de poluentes e microorganismos presentes na superfície de captação. Segundo pesquisas realizadas no âmbito do Programa de Saneamento Básico (PROSAB), o volume de descarte corresponde ao primeiro milímetro de precipitação, ou seja, 100 L para cada 100 m² de cobertura.

Um dispositivo de descarte bastante prático é ilustrado na Figura 16, dispositivo este citado também no artigo Caído do Céu (LAREDO, 2009), em pesquisa desenvolvida pela Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). Os dispositivos de descarte podem contar com esvaziamento automático ou manual.

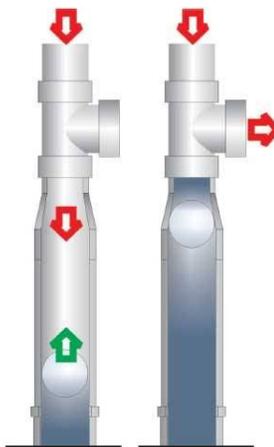


Figura 16: Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras águas escoadas
Fonte: Alves, Zanella e Dos Santos (2008)

Filtro de particulados finos: A operação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais tem mostrado que mesmo as instalações dotadas de filtro de materiais grosseiros e aparelho de descarte podem requerer a filtração de material particulado mais fino.

Existem diversos fabricantes de filtros de areia ou de resina, onde a grande parte dos filtros de areia opera com a água sob pressão e permite retrolavagem para remoção do material retido.

Em uma pesquisa em curso no IPT foi projetado um filtro de fabricação simples que não requer pressurização da água para filtração. O filtro foi construído de modo a incorporar a filtração de material grosseiro na parte superior e de material particulado fino na parte inferior utilizando areia como meio filtrante. A Figura 17 ilustra o esquema básico do filtro. O meio filtrante é areia média lavada com 10 cm de espessura e taxa de aplicação de 336 m³/m²/dia.

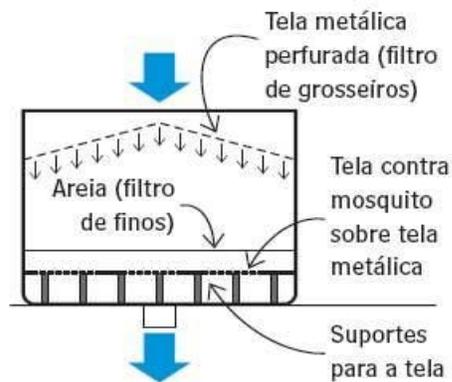


Figura 17: Esquema básico de filtro de materiais grosseiros e de finos desenvolvido no IPT
Fonte: Alves, Zanella e Dos Santos (2008)

Desinfecção: A ocorrência de microrganismos em águas de chuva escoadas pelas coberturas recomenda fortemente a desinfecção destas para seu posterior uso. Os sistemas de desinfecção mais utilizados são os baseados na aplicação de cloro, todavia em alguns casos são aplicados ozônio ou raios ultravioleta. A desinfecção com cloro permite manter ação mais prolongada por meio de concentração residual de cloro livre que permanece efetiva por algum tempo. Em instalações prediais prevê-se a aplicação de cloro por meio de dosadores de cloro líquido ou através de pastilhas.

Uma solução simplificada foi desenvolvida no âmbito do PROSAB, na qual a desinfecção é obtida por difusão do cloro contido em uma garrafa plástica perfurada colocada no fundo do reservatório (DANIEL, 2001).

O ozônio é um agente desinfetante bastante eficiente, porém sua aplicação deve ser cuidadosamente projetada para que ocorra a mistura completa da quantidade correta de gás no fluxo de água que se encontra escoando. O emprego do ozônio permite realizar a desinfecção na tubulação que conduz a água ao ponto de uso, ou por meio de sistema cíclico conforme ilustra a Figura 18.

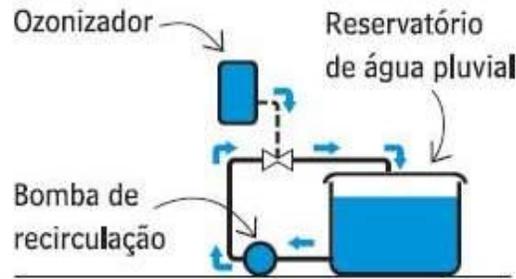


Figura 18: Esquema de desinfecção por ozônio com recirculação da água contida no reservatório
Fonte: Alves, Zanella e Dos Santos (2008)

3.5.4 Armazenamento da água de chuva

O armazenamento de águas pluviais tem destacada importância dados os impactos arquitetônicos, estruturais, financeiros e operacionais que o mesmo envolve. As soluções de armazenamento podem ser agrupadas em três formas básicas a saber: somente reservatório elevado, somente reservatório inferior e a combinação de reservatórios inferior e superior.

No primeiro caso supõe-se que a alimentação do reservatório será feita a partir de cobertura, calhas e condutores, situados em nível superior ao do reservatório. A Figura 19 ilustra duas possibilidades de assentamento do sistema de tratamento no caso de reservatório de águas pluviais elevado.

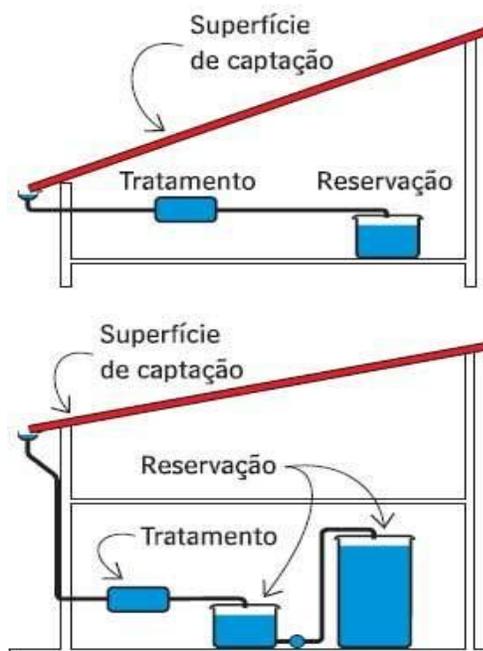


Figura 19: Posicionamento relativo da cobertura, sistema de tratamento e reservatório superior
Fonte: Alves, Zanella e Dos Santos (2008)

O segundo caso corresponde à situação na qual os usos previstos possam ser atendidos com o posicionamento do reservatório em cota relativamente baixa, como no atendimento de pontos situados em garagens.

O terceiro caso é de certa forma, análogo ao sistema de água potável de um edifício de diversos andares. O reservatório inferior de água pluvial conta com bomba de recalque que alimenta o reservatório superior. Deste último, deriva-se o barrilete para distribuição de água pluvial por meio de colunas de alimentação, servindo aos diversos pontos de uso (descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e rega, por exemplo).

Em todos os casos de reservação de águas pluviais deve ser levado em conta que durante os períodos de estiagem existe a possibilidade de não se contar com a disponibilidade de água pluvial que atenda a demanda. Nesse caso, os reservatórios de água pluvial deverão receber complementação do sistema de água potável, sendo sempre tomadas as devidas precauções para que não ocorra o fenômeno da conexão cruzada. Para tanto, deve ser observada a norma brasileira de água fria (ABNT, 1998).

O projeto dos reservatórios de águas pluviais deve ser elaborado conforme diretrizes das normas brasileiras: NBR 12217 (ABNT, 1994) que dita sobre reservatórios de distribuição de água para abastecimento público, ABNT (1998) aplicável à instalação predial

de água fria e ABNT (2007) para o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em edificações.

O dimensionamento do volume de reservação de água pluvial deve ser elaborado com base em métodos que levem em conta a oferta e a demanda de água pluvial. A oferta é descrita pelas séries históricas de precipitação pluvial da localidade ao longo do tempo. A demanda deve ser calculada a partir dos volumes aplicáveis aos usos previstos.

Devem ser tomadas precauções em relação ao reservatório de armazenamento, visando a sua manutenção e a garantia da qualidade da água, conforme segue:

- As paredes e a cobertura do reservatório devem ser impermeáveis;
- Deve-se evitar a entrada de luz no reservatório para evitar a proliferação de algas;
- A entrada da água no reservatório e o extravasor devem ser protegidos por telas para evitar a entrada de insetos e pequenos animais;
- O reservatório deve ser dotado de uma abertura, para inspeção e limpeza;
- A água deve entrar no reservatório de maneira a não provocar turbulência, evitando a resuspensão dos sólidos depositados no fundo do mesmo;
- O reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada do lodo depositado no fundo do mesmo.

3.6 Estimativa da demanda residencial de água potável

O crescimento populacional aliado com os problemas de escassez de água e a poluição dos mananciais que abastecem as cidades acarretam na dificuldade das companhias responsáveis pelo abastecimento em manter a demanda de água com as devidas exigências de qualidade. Com isso vem a importância da conscientização da população, promovendo assim a utilização racional da água tratada que abastece as residências, reduzindo o consumo indevido deste recurso e incentivando o uso de água de chuva para usos não potáveis. Minimizando assim os problemas de escassez de água e os impactos causados pelas chuvas devido à urbanização como enchentes e erosões.

No Quadro 3 são apresentados os parâmetros relativos ao uso interno e externo de água em uma residência nos Estados Unidos da América.

Quadro 3 – Parâmetros internos e externos do consumo de água em uma residência nos EUA

Uso Interno	Uso Externo
Uma pessoa utiliza a bacia sanitária de 4 a 6 vezes durante o dia. Uma bacia sanitária consome de 6 a 15 L por descarga.	Na manutenção de uma piscina são consumidos de 2,5L/dia/m ² até 5,75L/dia/m ² . Lava-se o carro de uma a duas vezes por semana, sendo gastos 150L em cada lavagem. Em gramados, limpezas de calçadas e outras áreas cimentadas, gastam-se cerca de 2L/dia/m ² .

Fonte: Tomaz (1998)

Segundo Brow e Caldwell (1986 apud TOMAZ 2000), na estimativa do consumo interno em uma residência, a bacia sanitária é o aparelho com o maior consumo de água, ou seja, cerca de 35% do consumo total. O segundo aparelho com o maior consumo de água é a máquina de lavar roupas, correspondendo a 22% do consumo residencial. No Quadro 4 é apresentada uma estimativa do consumo interno residencial nos Estados Unidos da América.

Quadro 4: Estimativa do consumo interno em uma residência nos EUA

Consumo interno de água em uma residência	Porcentagem correspondente de consumo em uma residência
Bacia sanitária	35%
Lavagem de roupas	22%
Chuveiros	18%
Torneiras	13%
Banhos	10%
Lavagem de pratos	2%
Total	100%

Fonte: Brow e Caldwell (1986 apud TOMAZ 2000)

Segundo Qasim¹ (1994 apud TOMAZ 2000), na Holanda a bacia sanitária representa o maior consumo de água residencial, atingindo um valor de 41% do consumo total. No Quadro 5 é apresentada uma estimativa do consumo residencial para a Holanda.

¹ QASIM, S. R.. Wastewater Treatment Plants. Lancaster, Pennsylvania, USA, 1994, Technomic.

Quadro 5 – Estimativa do consumo residencial para a Holanda

Consumo de água em uma residência	Porcentagem correspondente de consumo em uma residência
Descarga da bacia sanitária	41%
Banho e lavagem de roupas	37%
Cozinha: água para beber e cozinhar	2 a 6%
Cozinha: lavagem de pratos	3 a 5%
Cozinha: disposição de lixo	0 a 6%
Lavanderia	4%
Limpeza e arrumação geral da casa	3%
Rega de jardim com sprinkler	3%
Lavagem de carros	1%
Total	100%

Fonte: Qasim (1994 apud TOMAZ 2000)

Segundo Fendrich (2002) onde cita o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA (1998), da distribuição do consumo domiciliar por ponto de consumo, tem-se as seguintes características, apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Distribuição do consumo domiciliar de água potável por ponto de consumo

Pontos de Consumo	% da Distribuição do Consumo
Bacia Sanitária	38
Banho/Chuveiro	29
Lavatório	5
Lavagem de Roupas	17
Lavagem de Louças	6
Beber/Cozinhar	5
Total	100

Fonte: Fendrich (2002) citando PNCDA (1998)

Estimativas semelhantes realizadas por Fendrich (2002) citando Tomaz (1998) fornecem a estimativa do consumo de água potável que pode ser substituída pelo uso da água de chuva em edificações, conforme descrito no Quadro 7.

Quadro 7 – Distribuição do consumo domiciliar de água potável por ponto de consumo

Uso Interno	Parâmetro de Consumo
Bacia Sanitária (5 descargas/dia. hab)	6L a 15L/descarga 30L a 75L/dia.hab (≈ 40% do consumo diário)
Uso Externo	Parâmetro de Consumo
Lavagem de calçadas, garagens e pátios de estacionamentos	2L/dia.m ² a 5L/dia.m ²
Lavagem de carro (1 a 2 vezes por semana)	150L a 300L/semana
Lavagem de carro em lava-jato	150L a 300L/carro
Irrigação de jardins e plantas ornamentais	2L/dia.m ² a 5L/dia.m ²
Manutenção de uma piscina	2,5L/dia.m ² a 6L/dia.m ²

Fonte: FENDRICH (2002) citando TOMAZ (1998)

3.7 Dimensionamento dos reservatórios de água de chuva

Os reservatórios de água de chuva podem estar apoiados no solo, enterrados, semi-enterrados ou elevados. Podem ser construídos de diferentes materiais, como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno entre outros como é apresentado nas Figuras 21a, b, c, d.

A escolha do local de instalação do reservatório, do modelo e do material a ser utilizado deve levar em consideração as condições do terreno e da disponibilidade de área. Os reservatórios elevados devem ser instalados em locais que disponham de área livre, apresentando a vantagem de possibilitar alguns usos sem a necessidade de bombeamento, como para a lavagem de áreas impermeáveis e a rega de jardins.

Os reservatórios semi-enterrados ou enterrados geralmente necessitam de bombeamento, seja ele manual ou mecânico. Em algumas situações, como em regiões do nordeste do Brasil, muitas vezes a população se utiliza de baldes para a retirada da água da cisterna, o que pode levar a contaminação da água em seu interior.

Em situações onde o aproveitamento de água da chuva é previsto, particularmente no caso de novas edificações, é possível instalar o reservatório logo abaixo do telhado, de maneira a evitar os gastos com o bombeamento da água, porém deve ser levado em consideração o fato desse modelo estrutural possuir um custo mais elevado que outras concepções de aproveitamento da água de chuva.

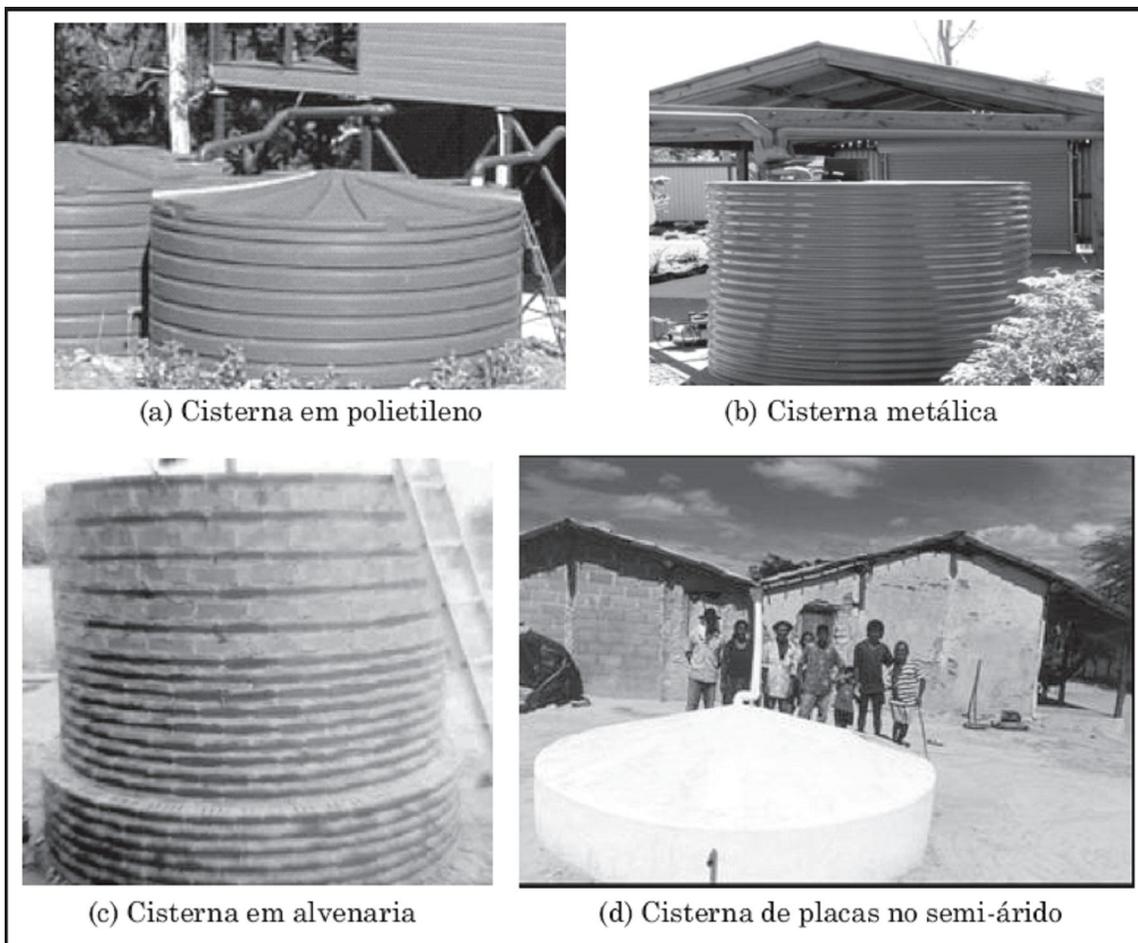


Figura 20: Tipos de Reservatórios ou Cisternas.
Fonte: Rain Harvesting, 2006 e Ambiente Brasil 2006.

De maneira geral, pode-se dizer que o sucesso ou fracasso de um sistema de aproveitamento de água de chuva depende, em grande parte, da quantidade de água passiva de ser captada no sistema. Essa quantidade varia dependendo de diferentes fatores como a área de captação e o volume de armazenamento de água de chuva, sendo influenciada ainda pelo índice pluviométrico da região (que mostra a distribuição das chuvas ao longo do ano) e pelo coeficiente de escoamento superficial (C).

A eficiência e a confiabilidade dos sistemas de aproveitamento de água de chuva estão diretamente relacionadas ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, necessitando de um ponto ótimo na combinação do volume de reservação e da demanda a ser atendida, que resulte na maior eficiência com o menor gasto possível. Segundo Thomas (2004), o custo do reservatório pode variar de 50% a 85% do custo total de um sistema de aproveitamento de água de chuva. Assim, deve-se procurar trabalhar com uma margem de segurança que não leve a um super ou sub-dimensionamento do sistema. Esta margem deve

ser definida em função do valor pretendido para o investimento e com base em estudos de dimensionamento de reservatórios de acumulação de água de chuva.

Alguns métodos são utilizados para o dimensionamento do volume que pode ser reservado, estes levam em conta o regime de precipitação local, os dias de estiagem e a série histórica de chuvas na região, além da demanda específica que se deseja atender.

Como exemplos de modelos de dimensionamento de reservatórios que podem ser citados e são encontrados na NBR 15.527/2007 e em outras literaturas como Gonçalves (2006) são: método de Rippl, método interativo, modelo comportamental, método de simulação de Monte Carlo, método Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês, método prático australiano.

Os modelos de dimensionamento de reservatório possuem como dados de entrada, na maioria das vezes, séries históricas ou sintéticas de chuva, a demanda que se deseja atender, a área de captação da água da chuva e a eficiência requerida para o sistema. E como dados resultantes os volumes de armazenamento previstos para o cenário previsto.

Considerando que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda, e que também, nem sempre será possível armazenar toda a chuva precipitada (por questões físicas e econômicas), os estudos de dimensionamento de reservatórios devem compatibilizar produção e demanda, identificando o percentual de demanda passível de ser atendida em cada sistema, de maneira a tornar o sistema mais eficiente e com menor gasto possível.

3.8 Qualidade das águas pluviais

A qualidade da água da chuva deve ser considerada em três momentos distintos de um sistema de aproveitamento de água da chuva, qual sejam: na chuva atmosférica, na chuva após passagem pela área de captação e na cisterna ou reservatório de armazenamento. Para cada nível, a qualidade estará associada a fatores ambientais, tipo e condição da área de captação, material da cisterna e condições de manutenção.

Portanto para avaliação da qualidade das águas pluviais atmosféricas são de interesse os conceitos de poluição atmosférica e de poluição das águas.

3.8.1 Qualidade do ar e da água

Segundo Thomas (2001), considera-se poluição a alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente (ar, água e solo) causada por qualquer forma de energia ou por qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, bem como a combinação de elementos dispostos no meio ambiente capazes de direta ou indiretamente serem prejudiciais à saúde, segurança e bem-estar das populações.

Conforme PHILIPPI Jr. (2004) o conceito de ar “limpo” é relativo, considerando que os seres vivos estão acostumados às concentrações normais do material particulado constituinte da atmosfera. No entanto quando ocorrem alterações nestes níveis, alguns efeitos poderão ser observados, tanto em relação ao ser humano quanto a outras formas de vida, e mesmo a materiais inertes. A poluição do ar ocorre quando a alteração da composição qualitativa ou quantitativa da atmosfera resulta em danos reais ou potenciais. Dentro deste conceito, pressupõe-se a existência de níveis de referência para diferenciar a atmosfera poluída da atmosfera não poluída. O nível de referência deveria ser o nível máximo de poluentes na atmosfera que não ocasionasse efeitos indesejáveis. Em geral, esses níveis são estabelecidos a partir de dados científicos de dose-resposta, obtidos por estudos toxicológicos e/ou epidemiológicos, ou mesmo por estudo de efeitos em vegetais e materiais inertes e também por informações de episódios ocorridos em diversas regiões do globo. O nível de referência, sob o aspecto legal, é denominado Padrão de Qualidade do Ar. No Brasil, os padrões de Qualidade do Ar são definidos pela Resolução CONAMA nº 03 (BRASIL, 1990).

Fornaro (1991) descreve que as fontes emissoras de poluentes podem ser naturais ou antropogênicas. As fontes de poluição do ar podem ser classificadas como estacionárias (indústrias em geral, vulcões, entre outras) ou móveis (automóveis, aviões, etc). Alguns dos principais poluentes originados desses emissores são: material particulado, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarbonetos, aldeídos, óxidos de nitrogênio e de enxofre, ozônio, ácidos orgânicos e traços de metais.

Algumas das principais fontes de poluição atmosférica são: combustão (carvão, óleos combustíveis, gás natural, gasolina); processos industriais (fundições, refinarias de petróleo, indústrias em geral); queimadas; dejetos estocados a céu aberto; sal marinho; erupções vulcânicas e as reações químicas presentes na atmosfera.

A água poluída apresenta alterações nas suas características, o que a torna inapropriada para seu consumo. Dificilmente é encontrada água em estado de pureza absoluta na natureza, devido esta apresentar gases, sais e sólidos dissolvidos. Segundo Fornaro (1991) os processos

de poluição mais comuns nas águas são: contaminação (introdução de elementos nocivos a saúde do homem e à vida aquática); assoreamento, eutrofização e acidificação dos corpos d'água.

Jordão e Pessoa (2005) descrevem que as principais fontes de poluição das águas superficiais são: esgotos pluviais e escoamento urbano; esgotos domésticos, esgotos industriais; resíduos sólidos; agrotóxicos; detergentes; precipitação de poluentes atmosféricos e alterações nas margens dos corpos d'água, provocando assoreamento.

A poluição da água está associada às alterações provocadas no solo ou no ar, o arraste de poluentes no solo e a precipitação de poluentes presentes na atmosfera (deposição seca e úmida) constituem em mecanismos de poluição da água. Assim a concentração de poluentes existentes na atmosfera influencia também na caracterização da água de chuva, onde a chuva é o principal agente de limpeza da atmosfera.

A remoção de produtos das reações atmosféricas envolvendo compostos de enxofre e nitrogênio envolve os seguintes processos: deposição seca e deposição úmida.

Na deposição seca, segundo Fornaro (1991) ocorre a sedimentação gravitacional e a interceptação do material particulado, ou absorção dos gases por superfícies como solo, água e vegetação. Esse processo tende a predominar em relação à deposição úmida nas proximidades das fontes poluidoras, principalmente nas regiões secas.

Citando o mesmo autor, a deposição úmida é regida por dois fenômenos: *Rainout*, onde ocorre a remoção de gases e partículas pelas gotas de água presentes nas nuvens. E *Washout*, em que os gases e partículas químicas são removidos da atmosfera pelo arraste através das gotas de chuva. Por exemplo, a remoção de SO₂ da atmosfera pela ação da chuva, depende tanto da intensidade da chuva quanto do tamanho das gotas, e também do pH da chuva e da concentração de SO₂ no ar.

A água da chuva ao atravessar a atmosfera absorve as partículas ali existentes, por isso as características de impureza da chuva e da composição atmosférica estão relacionadas com as atividades predominantes na região e as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano entre outros fatores). Segundo Tomaz (2003), em regiões próximas ao oceano, a chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em condições proporcionais às encontradas na água do mar. Em áreas mais distantes da costa os elementos presentes apresentam origem terrestre, como partículas de solo contendo sílica, alumínio, ferro, e também elementos cuja emissão tem origem biológica, como nitrogênio e fósforo. Em centros urbanos e pólos industriais a concentração desses

elementos na água da chuva é alterada devido à presença de poluentes na atmosfera, como dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, chumbo, zinco, entre outros elementos.

Um pH em torno de 5,0 pode ocorrer algumas vezes em regiões não tão poluídas, podendo, tal fato ocorrer devido a fatores tais como a eficiência da “limpeza” da atmosfera realizada pela água de chuva, ou também a condições climáticas e geográficas do local.

Da poluição gerada pelas fábricas e carros que queimam combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, uma parcela é precipitada, depositando-se sobre o solo e árvores, e a outra parcela circula pela atmosfera misturando-se ao vapor de água, passando assim a existir a possibilidade de ocorrência de chuva ácida. Essas chuvas adquirem um efeito corrosivo para a maioria dos metais, calcário e outras substâncias.

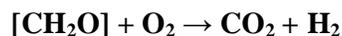
Segundo Twort et al¹ (1974 apud MAY, 2004) alguns dos efeitos provocados pelas chuvas ácidas podem ser citados:

- Os efeitos diretos a saúde ocorrem devido ao aumento dos níveis de poluentes durante os fenômenos de inversão térmica, em que há estagnação de massas de ar altamente poluídas e a produção fotoquímica de oxidantes. Sendo atacadas principalmente as camadas sensíveis das células expostas ao ar, tais como a conjuntiva ocular e especialmente o revestimento dos alvéolos pulmonares, gerando assim deficiências respiratórias, tais como: asma, bronquites, gripes, pneumonias entre outras. Os efeitos indiretos correspondem a capacidade de a chuva ácida dissolver metais tóxicos, como alumínio, cobre, chumbo e mercúrio, onde a partir dos solos e rochas, estes podem atingir os sistemas públicos de abastecimento de água.
- Culturas agrícolas e florestas também sofrem danos com a chuva ácida, dentre eles: aumento na lixiviação de elementos químicos como K, Ca, Na e Mg das folhas, erosão da cutícula foliar, necrose das folhas, decréscimo da taxa respiratória e fotossintética, decréscimo na produção, etc.
- O pH das águas superficiais naturais geralmente varia de 6,0 a 8,0, quando de fenômenos de precipitação ácida, ocorre o abaixamento do pH dos corpos d'água até algumas vezes valores inferiores a 4,0. Podendo assim ser exercidos impactos negativos sobre espécies sensíveis de peixes.

¹ TWORT, A.C. et al. Water Supply. 2ª ed. London. Cox & Wyman, Ltd. 1974.

3.8.2 Qualidade do ar em Mato Grosso

No estado de Mato Grosso, quando da qualidade do ar, tem-se uma grande influência das queimadas, que são descritas como o processo de queima da biomassa que pode ocorrer por razões naturais ou por iniciativa humana. A queima de matéria orgânica produz primariamente água e dióxido de carbono, de acordo com a seguinte reação química:



Em que o elemento $[\text{CH}_2\text{O}]$ representa a composição média da biomassa. Além desses elementos também são produzidas outras espécies químicas, tais como o monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (NO_x), hidrocarbonetos e partículas de aerossóis, os quais são incorporados à atmosfera, sendo a ela misturados e transportados (FREITAS et al., 2005).

As queimadas ocorrem em toda a extensão do Território Nacional, sendo utilizadas tanto em sistemas de produção primitivos ou convencionais, praticados por indígenas, caboclos e pequenos agricultores, quanto em sistemas com altos níveis de tecnicidade.

O fenômeno das queimadas está forte e intimamente relacionado aos desmatamentos. Existem, basicamente, duas condições definindo essa associação: 1) a abertura de novas áreas, na frente de expansão da fronteira agrícola, dependentes da utilização do fogo para eliminar os restos de matéria orgânica resultante do corte e derrubada da floresta; 2) agentes da ocupação inicial de novas áreas, incorporadas à atividade agropecuária (COUTINHO, 2005).

As queimadas são, certamente, um dos mais graves problemas enfrentados pelas florestas brasileiras, além da diminuição da área florestada, elas causam um enorme aumento da emissão de material particulado, ampliam a poluição atmosférica e contribuem para o aquecimento global, além dos impactos variados a saúde pública, no bem estar das comunidades e no meio ambiente.

Dentre os elementos constantes nas emissões de queimadas, o material particulado é o poluente que apresenta maior toxicidade e é o que tem sido mais estudado. Ele é constituído, em sua maior parte (94%) por partículas finas ou ultrafinas, ou seja, partículas que atingem as porções mais profundas do sistema respiratório e transpõem a barreira epitelial, atingem o interstício pulmonar e são responsáveis pelo desencadeamento do processo inflamatório.

O material particulado se compõe de partículas finas de sólidos e líquidos que se encontram suspensas no ar, em geral, invisíveis, individualmente, a olho nu. As partículas

suspensas em uma dada massa de ar não são todas do mesmo tamanho ou forma e tampouco apresentam a mesma composição química. Quando a qualidade do ar é monitorada, a medida mais comum é o índice de material particulado, que representa a quantidade de material particulado em um dado volume. As unidades usuais são microgramas de matéria particulada por metro cúbico de ar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

No estado de Mato Grosso é realizado em conjunto pela Secretária Estadual de Saúde – SES/MT e pela Secretária Estadual de Meio Ambiente – SEMA/MT, um monitoramento da qualidade do ar através da implantação do programa de Vigilância em Saúde Ambiental relacionado à Qualidade do Ar – VIGIAR. Busca-se acompanhar as tendências e mudanças na qualidade do ar ocasionadas pela emissão de poluentes; fornecer dados para ativar ações de emergência quando os níveis de poluentes na atmosfera (principalmente os oriundos de queima de biomassa) podem representar risco à saúde pública e ao meio ambiente; e fornecer um boletim informativo da qualidade do ar nos municípios.

O boletim informativo fornecido pela SES/MT é elaborado com base em dados estimados fornecidos pelo INPE, com o uso da metodologia CAT/BRAMS, estes contém informações a respeito da concentração em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado $\text{MP}_{2,5}$ e monóxido de carbono (CO). A classificação da qualidade do ar é descrita de acordo com o índice de qualidade do ar elaborado pela SES/MT, conforme padrões internacionais de qualidade do ar proposto pela Organização Mundial de Saúde em cinco níveis: BOA, REGULAR, INADEQUADA, MÁ E PÉSSIMA.

Além da metodologia descrita acima foram realizadas medições de dados reais de qualidade do ar para Cuiabá durante o 2º semestre de 2008, foram levantados os dados de material particulado presente na atmosfera. Entre os meses de agosto e outubro se observou um incremento significativo no número de focos de calor no estado. Tal incremento repercutiu nos registros de concentração de poluentes, que também se elevaram, principalmente nos municípios do médio norte do estado (Sinop e Sorriso, distantes aproximadamente 500 Km de Cuiabá), onde ocorreram grande quantidade de focos de calor. Fato também observado na cidade de Cuiabá, onde para esses meses citados é percebido que o nível da concentração de material particulado se sobrepõe ao limite mínimo considerado como Inadequado para padrões de qualidade do ar.

Durante o mês de outubro essa situação se repetiu novamente. No mês de novembro e dezembro com o início do período chuvoso as concentrações de MP e CO voltaram a concentrações mais baixas, inseridas nos limites propostos pela legislação.

3.8.3 Características físicas, químicas e microbiológicas da água

A qualidade da água é definida pela sua composição física, química e microbiológica. Segundo Richter e Neto (2000), as principais características físicas analisadas em águas são as seguintes: cor, turbidez, ph, sabor, odor, temperatura e condutividade elétrica. E as características químicas: ph, alcalinidade, dureza, ferro, magnésio, cloretos, sulfatos, sólidos totais, impurezas orgânicas, nitratos, oxigênio dissolvido, demanda química e bioquímica de oxigênio, fenóis, detergentes e substâncias tóxicas. As principais características microbiológicas são a pesquisa de coliformes totais e fecais (termotolerantes), determinados através de exames bacteriológicos e hidrobiológicos.

A seguir é apresentada uma breve descrição e importância da análise dos parâmetros físicos e químicos citados anteriormente. As características descritas para avaliação da qualidade da água são definidas por Richter e Neto (2000) e Di Bernardo (2002).

pH: o pH serve para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. Mede a concentração do íon hidrogênio ou sua atividade, importante em cada fase do tratamento, podendo sua análise ser feita colorimetricamente ou eletrometricamente. Segundo BRASIL (2005), recomenda-se que o pH varia na faixa de 6,0 – 9,0.

Alcalinidade total: a alcalinidade pode ser entendida como a capacidade da água de neutralizar bases. A medida de alcalinidade é usualmente feita por meio de titulação com ácido padronizado, sendo os resultados expressos em quantidade de carbonato de cálcio. A alcalinidade influi consideravelmente na coagulação química.

Turbidez: é uma característica da água devido à presença de partículas suspensas na água com tamanho variado desde suspensões grosseiras aos colóides, dependendo do grau de turbidez. O excesso de turbidez indica que pode haver depósito de sólidos numa utilização industrial. O padrão de turbidez definido por BRASIL (2004) para situações de pós-filtração ou pré-desinfecção é de 1 uT.

Cor aparente: é determinada pela alteração na aparência da água através de substâncias dissolvidas ou em suspensão presentes na mesma, dependente da quantidade e da natureza do material presente. Esta pode ser facilmente removida através da coagulação química, porém a mesma é sensível à variação de pH. A cor da água de chuva deverá apresentar aspecto cristalino. Segundo BRASIL (2005) o limite para o parâmetro cor é de 75 mgPtCo/L.

Condutividade: representa a capacidade que a água possui em conduzir corrente elétrica, este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, estas que são

partículas carregadas eletricamente. Assim quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água.

Série de Sólidos: segundo Jordão e Pessoa (2005), a matéria sólida presente em um efluente é definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103° C. Se esse resíduo for calcinado a aproximadamente 550° C, as substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinzas, compondo assim, representativamente a matéria sólida volátil, assim pode-se realizar a divisão entre os sólidos voláteis e os sólidos fixos. Os sólidos em suspensão são representados pela parte que é retida quando um volume de amostra do efluente é filtrado através de um equipamento apropriado. E a porção que atravessa o filtro compõe a matéria sólida dissolvida.

Oxigênio Dissolvido: a determinação da quantidade de oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais, como eutrofização e poluição orgânica. Geralmente a quantidade de oxigênio é reduzida quando a água recebe uma grande quantidade de substâncias orgânicas biodegradáveis, como por exemplo, esgotos domésticos, industriais, etc. Esses resíduos são decompostos por microorganismos que se utilizam do oxigênio presente em sua respiração. Assim quanto maior a carga orgânica, maior o consumo de oxigênio. Na água direta de chuva, como não é normal a contaminação por poluentes orgânicos, os valores normalmente encontrados são elevados, aproximando-se de águas naturais. De acordo com BRASIL (2005), o valor de oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 6,0 mg/L.

Demanda Bioquímica de Oxigênio: Essa expressão é utilizada para expressar o valor de poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente; corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos presentes no efluente para realizar a oxidação biológica, quando controlada a temperatura, por um espaço de tempo determinado. Segundo BRASIL (2005), considera-se que a DBO deva possuir um valor até 5,0 mg/L.

Coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (BRASIL, 2004).

Os coliformes termotolerantes representam um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal

representante a *Escherichia coli*, que possui origem exclusivamente fecal. A *Escherichia coli* fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase. Sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (BRASIL, 2004).

O Quadro 8 detalha alguns resultados de certos parâmetros de qualidade da água que são utilizados para avaliação qualitativas da chuva atmosférica em algumas localidades.

Quadro 8 – Comparação das concentrações de chuva atmosférica com dados da literatura.

Autores	Local da pesquisa	Parâmetros			
		pH	Turbidez (NTU)	Cor (UC)	Dureza (mg/L)
Appan (1999)	Singapura	4,1	4,6	8,7	0,1
Pinheiro et al. (2005)	Blumenau (SC)	5,3	1,8	-	24
PROSAB 4 Tema 5	Vitória (ES)	6,1	0,9	-	8,4
	Florianópolis (SC)	5,9	1,5	3,3	7,6
Cont.					
Autores	Local da pesquisa	Parâmetros			
		Cloretos (mg/L)	Sulfato (mg/L)	N. amoniacal (mg/L)	Coliformes fecais (NMP/100mL)
Appan (1999)	Singapura	-	-	-	6,7
Pinheiro et al. (2005)	Blumenau (SC)	5,1	-	-	-
PROSAB 4 Tema 5	Vitória (ES)	4,1	3,9	0,5	-
	Florianópolis (SC)	0,6	2,5	0,7	5,1

Fonte: GONÇALVES (2006)

Quando se deseja aproveitar a água de chuva para fins não potáveis, faz-se necessário que sejam estabelecidos padrões de qualidade que a água deva possuir, com base nos usos ao qual esta se destina. No Quadro 9 são expostos alguns limites estabelecidos para reúso em descarga de vasos sanitários em duas diferentes literaturas. A primeira é através de padrões propostos pelo Manual da ANA/ FIESP/SindusCon (2005), em que o reúso de água para descargas sanitárias é enquadrado como pertencente à classe 1. E a outra recomendação é através da NBR 13.969/97, que trata da disposição final de efluentes líquidos dos tanques sépticos, incluindo como uma alternativa o reúso para diversas formas, onde o reúso em descargas sanitárias está enquadrado na classe 3.

Quadro 9 – Normas brasileiras para reúso de águas em descarga sanitária NBR 13969/97 e padrões propostos no Manual da ANA/ FIESP/SindusCon (2005)

Parâmetros	Manual de conservação e reúso de água em edificações classe 1 (ANA/FIESP/SindusCon, 2005)	NBR 13969/1997 item 5.6.4 classe 3
Ph	6,0 - 9,0	-
Cor (UH)	=10	-
Turbidez (NTU)	=2	<10
Oleos e graxas (mg/L)	=1	-
DBO (mg/L)	=10	-
Coliformes fecais (NMP/100mL)	não detectavel	<500
Compostos Orgânicos Volateis	ausente	-
Nitrato (mg/L)	=10	-
N. amoniacal (mg/L)	=20	-
Nitrito (MG/L)	=1	-
Fosforo total (mg/L)	=0,1	-
SST (mg/L)	=5	-
SDT (mg/L)	=500	-

Fonte: Gonçalves (2006)

No Quadro 10 são apresentados os parâmetros de qualidade da água que devem ser considerados em um aproveitamento de água de chuva segundo a BRASIL (2007).

Quadro 10 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA 1 Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: Brasil (2007)

Como considerado anteriormente, a qualidade da água da chuva deve ser avaliada em situações distintas. A seguir alguns exemplos de avaliação da qualidade da água da chuva após a interceptação por superfícies de captação serão descritos.

O tipo de material utilizado para a cobertura das edificações interfere na qualidade da água da chuva. Preferencialmente, este revestimento não deve reter sujeira, não deve

promover o crescimento de bactérias e parasitas e não deve ser decomponível. A literatura aponta em relação ao aspecto bacteriológico, que se deva dar preferência a telhados metálicos, seguidos pelos de plástico, e por último, os de cerâmica.

Na região de Blumenau – SC, Tordo (2004) realizou estudos para avaliar a qualidade da água em três diferentes tipos de cobertura, quais sejam: fibrocimento, cerâmica e metálica; com relação aos parâmetros - pH, alcalinidade total, cloretos, cor aparente, dureza total, ferro total, sílica, turbidez e coliformes - e cujos resultados demonstraram que o telhado de fibrocimento apresenta uma maior capacidade de neutralizar os ácidos presentes na água da chuva que as outras duas coberturas estudadas, cujo valor médio para pH encontrado foi de 6,99 e uma alcalinidade total média de 37,06 ppm. Quanto ao aspecto bacteriológico, as amostras apresentaram elevada quantidade de organismos patogênicos. Em algumas amostras, a turbidez e a cor aparente não alcançaram o padrão de potabilidade e, portanto, não é recomendada para consumo humano, sem prévio tratamento por filtração e desinfecção. Tais valores constam do Quadro 11.

Quadro 11 – Valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros da chuva, coletados em diferentes tipos de cobertura

Parâmetros	Fibrocimento			Cerâmica			Metálica (Zinco)		
	Valor médio	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo	Valor mínimo
pH	6,99	8,63	5,57	5,73	6,82	5,21	4,70	6,57	4,13
Alcalinidade total (mg/L)	37,06	55,96	18,00	11,73	16,00	8,00	9,71	12,00	8,00
Cloretos (mg/L)	5,09	11,28	1,41	3,72	5,64	2,82	6,85	15,51	2,82
Cor aparente (uH)	17,33	95,00	4,00	18,45	43,00	7,00	18,71	71,00	4,00
Dureza total (mg/L)	60,44	108,00	20,00	21,91	48,00	3,00	35,14	60,00	20,00
Ferro total (mg/L)	0,35	2,85	0,068	0,32	2,02	0,026	0,23	0,53	0,073
Sílica (mg/L)	3,18	16,74	0,00	2,92	13,21	0,212	1,70	5,78	-
Temperatura (°C)	25,22	27,00	25,00	25,09	27,00	24,00	25,00	25,00	25,00
Turbidez (uT)	2,34	1,79	0,28	1,70	5,00	0,20	2,13	11,36	0,24
Escherichia coli (NMP/100 mL)	280,79	1299,70	0,00	236,93	900,00	2,00	269,00	≥1600,00	Ausente
Coliformes totais (NMP/100mL)	1453,85	>2419,60	1,00	1054,45	≥1600,00	39,50	934,40	≥1600,00	140,80

Fonte: Tordo (2004)

Hernandes e Amorim (2005) apresentaram os resultados quantitativos e qualitativos de um estudo realizado numa edificação familiar térrea na cidade de Ribeirão Preto. Foram monitoradas a quantidade e a qualidade da água captada pela cobertura da edificação. Os resultados qualitativos foram comparados com as legislações do Brasil, Canadá e Austrália em função da similaridade da metodologia para determinação de suas referências nacionais: Portaria nº 274/2004 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (para corpos d'água classe 2 – permite contato primário de banhistas); *Guidelines for Canadian Recreational Water Quality*

(GCRWQ-1992) e *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters* (AWQGMW-1992).

A metodologia utilizada consistiu na realização de amostragens quinzenais da água, perfazendo um total de 92 amostras, dos seguintes pontos do sistema: água precipitada; dispositivo de descarte; cisterna e ponto de consumo. Em todos os casos, com exceção da água precipitada, as amostras foram analisadas para determinação dos valores relativos aos requisitos: odor; cor aparente; turbidez; total de sólidos dissolvidos; coliformes totais; coliformes termotolerantes e *E. coli*. Os resultados são destacados nos Quadros 12 a 15.

Quadro 12 – Qualidade da água da chuva precipitada

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	X	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/L	75	X	X	10,00	5,42	2,50
pH		6,0 – 9,0	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,50	5,62	4,90
Turbidez	UNT	100	X	50	7,29	5,02	2,84
ISDT	mg/L	500	1000	X	52,00	24,00	8,00

Fonte: **Hernandes e Amorim(2005)**

Quadro 13 – Qualidade da água da chuva no dispositivo de descarte

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	X	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/L	75	X	X	>25,00	12,50	2,50
pH		6,0 – 9,0	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,90	6,70	6,40
Turbidez	UNT	100	X	50	804,00	132,39	1,70
ISDT	mg/L	500	1000	X	982,00	283,90	28,00
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	<1000	<150	X	77	Não calculado	<1
Escherichia coli	UFC/100mL	<800	X	<200	Presença em 67,7% das amostras		
Coliformes totais	UFC/100mL	X	X	X	127	59	10

Fonte: **Hernandes e Amorim(2005)**

Quadro 14- Qualidade da água da chuva na cisterna

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	X	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/L	75	X	X	10,00	3,13	2,50
pH		6,0 – 9,0	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	9,70	7,78	6,30
Turbidez	UNT	100	X	50	5,30	2,46	0,95
ISDT	mg/L	500	1000	X	96,00	45,75	9,00
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	<1000	<150	X	77	Não calculado	1
Escherichia coli	UFC/100mL	<800	X	<200	Presença em 35% das amostras		
Coliformes totais	UFC/100mL	X	X	X	196	19	1

Fonte: **Hernandes e Amorim(2005)**

Quadro 15 – Qualidade da água da chuva no ponto de consumo

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	X	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/L	75	X	X	10,00	3,13	2,50
pH		6,0 – 9,0	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	9,30	7,28	6,30
Turbidez	UNT	100	X	50	5,60	1,55	0,50
ISDT	mg/L	500	1000	X	88,00	35,55	11,00
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	<1000	<150	X	1	Não calculado	0
Escherichia coli	UFC/100mL	<800	X	<200	Presença em 15% das amostras		
Coliformes totais	UFC/100mL	X	X	X	16	2,83	1

Fonte: Hernandes e Amorim(2005)

Os resultados das amostras dos reservatórios mostram que os valores dos parâmetros microbiológicos, físicos e químicos não excedem aqueles estipulados pelas referências adotadas. A contaminação microbiológica na cisterna pode ser originada devido à entrada no reservatório de sedimentos, como solo e folhas depositadas na área de captação. O dispositivo de descarte demonstra sua importância em relação à melhoria da qualidade da água, pois todos os parâmetros analisados têm seus valores reduzidos após passagem da água pelo sistema de descarte.

A grande maioria dos resultados obtidos se encontram abaixo da referência adotada. Para o uso não-potável proposto para aquela circunstância, apresentou qualidade satisfatória. Entretanto, cuidados adicionais devem ser tomados para evitar o uso inadequado da água disponibilizada, como a sinalização adequada nos pontos de consumo e o uso de torneiras de acesso restrito.

Tomaz (2003) salienta que a chuva carrega materiais particulados presentes na atmosfera e que irão se depositar no fundo do reservatório, onde geralmente se forma uma camada de lama. Os microorganismos que se encontravam no telhado e nas tubulações passarão a se desenvolver no reservatório, podendo assim colocar em perigo a saúde das pessoas que se utilizam da água de chuva para fins não potáveis sem o devido tratamento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O município de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, está situado na região Centro Oeste do Brasil, com cerca de 900000 Km² de extensão territorial com uma área de 3538 Km². Sua sede municipal localiza-se à 15°35'56" de Latitude Sul e 56°06'01" de Longitude Oeste, na porção centro-sul do estado, com a maior concentração populacional. Segundo dados do IBGE (2009), o município de Cuiabá possui 550.562 habitantes, apresentando uma densidade populacional de 149 hab/km², que cresce a taxa de 1,4% ao ano.

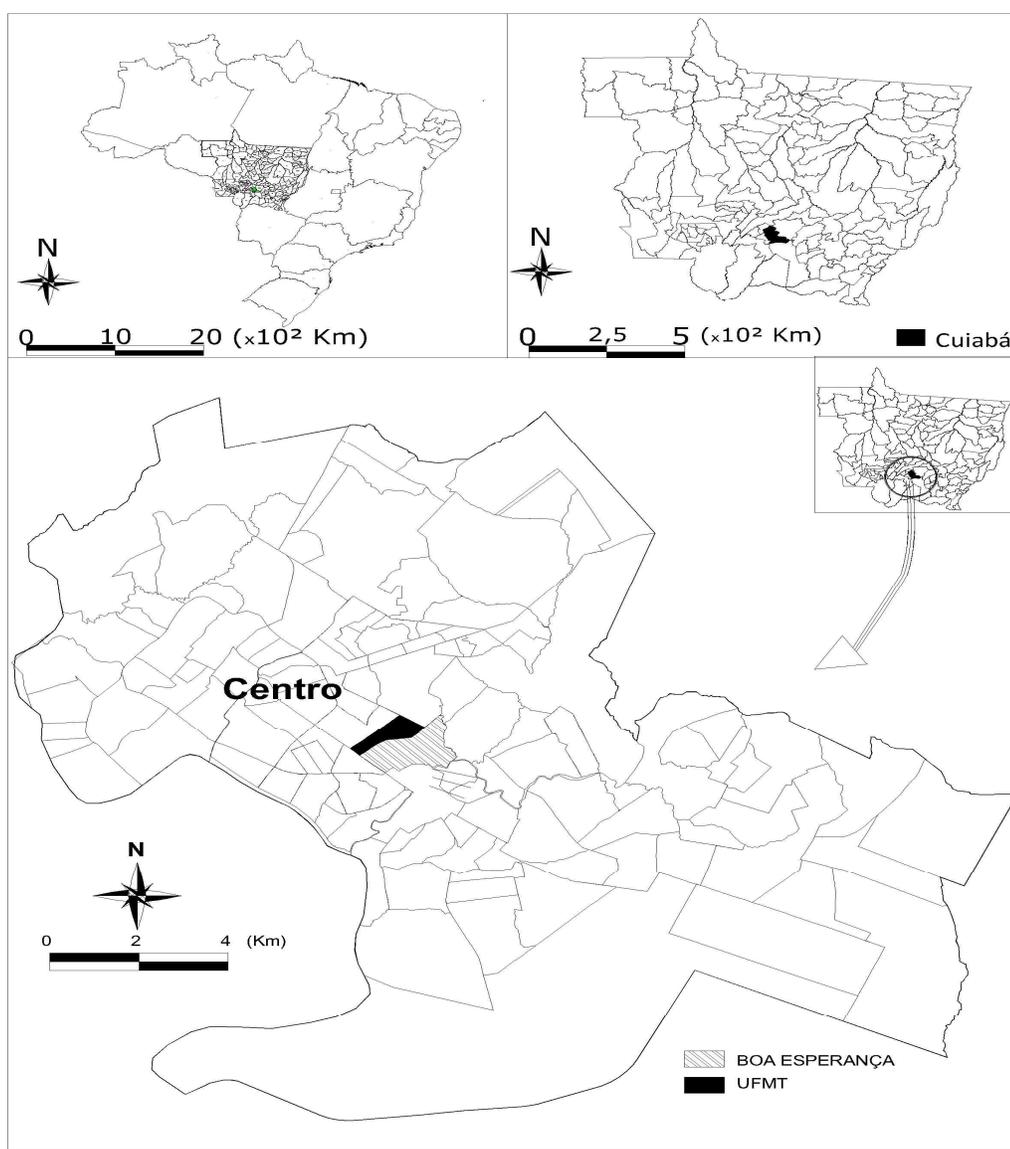


Figura 21: Localização dos locais de amostragem na cidade de Cuiabá, Mato Grosso – Brasil.

O Estado de Mato Grosso possui uma altura pluviométrica anual variando entre 2.700 e 1.200 mm, estando a distribuição espacial das precipitações ligada à posição geográfica da região, em face dos sistemas regionais da circulação atmosférica e também dos aspectos orográficos.

Os totais anuais de chuva diminuem de Norte-Noroeste em direção ao Sul-Sudoeste. O trecho Norte, incluído na Bacia Amazônica, concentra os maiores totais, enquanto em direção ao Pantanal, a diminuição é gradual, caindo até os 1200 mm. Esta diminuição também se evidencia em direção ao Leste do Estado, onde os totais anuais variam entre 2000 e 1500 mm.

A distribuição dessas chuvas no decorrer do ano evidencia o caráter tropical da área, com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. Esse caráter é mais nítido na parte Sul do estado (onde se insere a capital Cuiabá), em que se alternam um período seco, de inverno-primavera e um período chuvoso, de verão-outono, que concentra cerca de 70% dos totais de chuva. Na metade Norte, o período seco diminui gradualmente, atingindo dois meses (junho-julho) no extremo noroeste do Estado (SEPLAN/MT, 2009).

O regime de chuvas no município de Cuiabá é tipicamente tropical, com um máximo de precipitações registradas no outono/verão e um mínimo no inverno. Aproximadamente 70% das precipitações ocorrem no período entre os meses de novembro a março. Os meses de janeiro, fevereiro e março são os mais chuvosos. Durante o período de inverno, as chuvas são raras e pouco abundantes. A duração do período seco é de aproximadamente 4 meses, geralmente tal período ocorrendo entre os meses maio a agosto.

4.2 Locais de amostragem

Com base nos objetivos definidos neste trabalho, buscou-se avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas da água de chuva coletada antes da interceptação de qualquer tipo de superfície; verificando a variação da qualidade da água da chuva entre os milímetros iniciais das precipitações e os subseqüentes.

Como não é possível prever o momento exato das precipitações, as coletas não puderam ser realizadas de maneira programada. Assim, as coletas das amostras de água foram realizadas no período chuvoso na região, durante os seguintes períodos: setembro/2008 a abril/2009, e de agosto/2009 a dezembro/2009.

Salienta-se que para efeito das discussões dos resultados obtidos nesta pesquisa, foram consideradas 36 amostragens nas datas indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Datas das amostragens consideradas no trabalho

AMOSTRAS	DATAS	AMOSTRAS	DATAS
1	18/10/2008	19	15/04/2009
2	13/11/2008	29	25/08/2009
3	13/12/2008	21	20/09/2009
4	15/12/2008	22	28/09/2009
5	17/01/2009	23	20/10/2009
6	19/01/2009	24	21/10/2009
7	31/01/2009	25	22/10/2009
8	08/02/2009	26	23/10/2009
9	10/02/2009	27	27/10/2009
10	14/02/2009	28	06/11/2009
11	16/02/2009	29	07/11/2009
12	17/02/2009	30	16/11/2009
13	27/02/2009	31	19/11/2009
14	04/03/2009	32	24/11/2009
15	11/03/2009	33	30/11/2009
16	20/03/2009	34	05/12/2009
17	31/03/2009	35	07/12/2009
18	06/04/2009	36	13/12/2009

No desenvolvimento da pesquisa foi utilizada como estação de monitoramento de dados pluviométricos, a Estação Climatológica Mestre Bombled situada no campus da Universidade Federal de Mato Grosso, em operação desde 1989. São utilizados pluviômetro e pluviógrafo para determinação da altura pluviométrica e intensidade das precipitações.

As coletas diretas da água de chuva (sem sofrer nenhum tipo de interceptação) para caracterização física e química foram realizadas na estação climatológica da UFMT, nas seguintes coordenadas UTM Zona 21 N 8.274.291, E 600.670 (Figuras 22 e 23), através da utilização de um coletor de água da chuva direta.

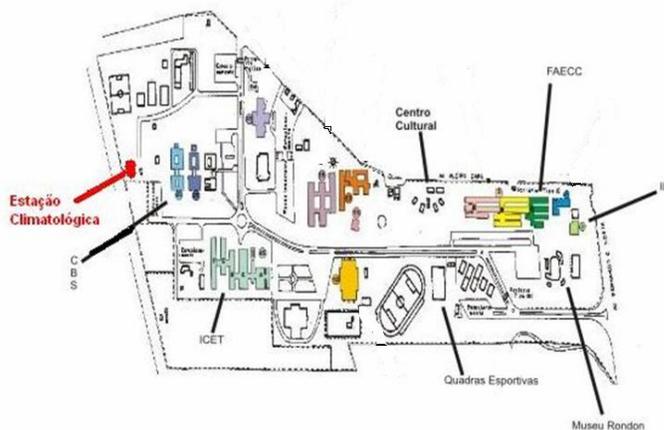


Figura 22: Estação climatológica no campus Cuiabá da UFMT



Figura 23: Estação Climatológica Mestre Bombled/UFMT

As amostras para análises microbiológicas coletadas diretamente da chuva (sem sofrer interceptação por nenhum tipo de superfície) foram obtidas em três locais diferenciados. Um desses locais é em uma área externa do bloco de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMT; e devido às próprias características de variabilidade do momento exato das precipitações, algumas coletas foram realizadas em duas residências no entorno da UFMT. A descrição e visualização dos ambientes onde foram realizadas as coletas encontram-se a seguir:

1- Área aberta anexa ao Bloco da Faculdade de Arquitetura Engenharia e Tecnologia e do Instituto de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal de Mato Grosso (Figura 24) Esse ambiente é um local de acesso ao departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. No local existe um estacionamento para veículos, e nas proximidades existem árvores e grama. A coleta é realizada sobre uma pequena mureta (0,9m de altura), sem pavimentação, que se encontra afastada aproximadamente 3 m da área onde há fluxo de automóveis e pessoas.

2- Residência próxima a UFMT, situada no bairro Boa Esperança (Figura 25) com coordenadas UTM Zona 21 N 8.273.866, E 600.946. No local há um condomínio residencial. A coleta foi efetuada entre o pátio do residencial e um muro (de 2,5 m de altura) que limita a propriedade. Há coqueiros aproximadamente a cinco metros do local de coleta, e também há fluxo de carros e de pessoas. O local onde as amostras são coletadas é revestido de pedra brita e pavimentação. No entorno do local, na área externa do residencial, existe um suporte para armazenamento de resíduos sólidos, a serem coletados pelo serviço de limpeza pública.

3- Residência no bairro Boa Esperança, ao lado da UFMT (Figura 26) com as seguintes coordenadas UTM Zona 21 N 8.273.694, E 600.791. No local onde as amostras são coletadas não há presença de árvores nas proximidades, o piso é de concreto, sendo o local mais próximo da área de coleta desprovido de qualquer obstáculo ou anteparo (paredes).



Figura 24: Coleta de amostras para análises microbiológicas na UFMT



Figura 25: Residencial Chão de Estrela, Bairro Boa Esperança



Figura 26: Residência, Bairro Boa Esperança

4.3 Variáveis analisadas

Para a escolha das variáveis a serem analisadas nesta pesquisa, foram buscadas aquelas que fossem representativas no que diz respeito aos parâmetros que caracterizam a qualidade da água de chuva.

Foram feitas algumas ponderações. A temperatura da água de chuva não é muito representativa, esta apresenta valores aproximados da temperatura do ar, sem variações significativas relativas a purificação da água com o decorrer da precipitação, assim dessa maneira essa análise não foi realizada (MELO, 2007).

As variáveis Cor e Turbidez são consideradas representativas, estas possuem valores mensuráveis na água de chuva. Essas variáveis podem sofrer alterações devido a fatores como: a proximidade das coletas em relação ao solo, a interferência da qualidade da atmosfera que consigo transporta impurezas, poluentes e microorganismos; e quando das precipitações é promovida uma “lavagem na atmosfera” carreando esses materiais suspensos e influenciando assim os valores dessas variáveis (MELO, 2007).

Mesmo sabendo-se que a matéria orgânica possui valores muito pequenos nas água de chuva e que a taxa de saturação de oxigênio possui valores próximos à saturação (devido ao contato das gotas de chuva com a própria atmosfera, bem como a aeração provocada pelo contato das gotas de chuva com a superfície de coleta), foram feitas essas análises para que se pudesse comprovar a existência dessas suposições para as precipitações na cidade de Cuiabá.

O pH além de ser importante pela sua representação nas reações químicas e bioquímicas, também é de fundamental importância porque indica a presença de gases e sólidos dissolvidos na água. A condutividade elétrica está diretamente relacionada a presença de íons dissolvidos na água, tais como: cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos, sulfetos e cloretos (MELO, 2007).

Com relação aos parâmetros microbiológicos avaliados, a análise de colimetria é considerada como sendo básica em qualquer avaliação microbiológica de águas, esta representa a presença nas amostras de água de coliformes totais, estes que são encontrados no ar e no solo (que é o caso específico das coletas de água direta da chuva). Já na determinação da *Escherichia coli*, que tem origem na contaminação da água por fezes de animais de sangue quente, quando da presença desse tipo de bactéria na água direta da chuva, se pode comprovar a ação das condições atmosféricas e de outros fatores antrópicos sobre a qualidade da água, já que a presença desse tipo de bactéria provavelmente ocorre através da ressuspensão de partículas depositadas sobre o solo e que contenham esses microrganismos.

Burbarelli (2004) afirma que o controle dessa população microbiana é de fundamental importância, visto que densidades elevadas de microrganismos na água podem indicar a deterioração de sua qualidade, além de representar um risco à saúde dos usuários, atuando como patógenos oportunistas. Assim também foi realizada a contagem de bactérias heterotróficas cultiváveis e a contagem de fungos cultiváveis.

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Águas Residuárias e Águas de Abastecimento, as análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental, ambos pertencentes ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT. Os parâmetros foram avaliados como preconiza *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Análises físicas, químicas e microbiológicas realizadas

VARIAVÉIS	MÉTODO/TÉCNICA	UNIDADES
Cor	Espectrofotométrico	mg PtCo/L
Turbidez	Espectrofotométrico	UT
Ph	Potenciométrico	-----
Alcalinidade	Potenciométrico	mg/L
Condutividade Elétrica	Potenciométrico	μS/cm
Oxigênio Dissolvido	WINKLER modificado	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	WINKLER modificado	mg/L
Sólidos Totais – ST	Gravimétrico	mg/L
Sólidos Totais Fixos – STF	Gravimétrico	mg/L
Sólidos Totais Voláteis – STV	Gravimétrico	mg/L
Sólidos em Suspensão Totais – SST	Gravimétrico	mg/L
Sólidos em Suspensão Fixos – STV	Gravimétrico	mg/L
Sólidos em Suspensão Voláteis – STV	Gravimétrico	mg/L
Coliformes totais	Spread plate	Log UFC/mL
<i>Escherichia coli</i>	Spread plate	Log UFC/mL
Outras enterobactérias	Spread plate	Log UFC/mL
Contagem de bactérias heterotróficas cultiváveis	Spread plate	Log UFC/mL
Contagem de fungos cultiváveis	Spread plate	Log UFC/mL

4.4 Coleta e processamento das amostras da água direta da chuva para análises físicas e químicas

O aparato experimental para coleta da água direta da chuva é composto por bacias plásticas funcionando como área de captação, tubulações, conexões e frascos de amostras, colocados sobre um suporte de madeira a 1,5m de altura do chão.

As bacias plásticas possuem um diâmetro de 48 cm, e são interligadas por mangueiras plásticas transparentes de 1/2'' de diâmetro e 50 cm de comprimento, através do uso de um Tê como conexão. Após essa união, outra peça de mangueira com mesmo diâmetro e 10 cm de comprimento é conectada, onde ao final dessa, há uma derivação feita por um outro Tê, onde são ligadas outras duas peças de mangueira que são destinadas aos “reservatórios” de coletas das amostras.

Depois de passar pela área de captação a água é conduzida pelas mangueiras em direção ao 1º frasco de amostra, que possui uma bóia que regula o volume de água a ser coletado. Neste frasco são coletados os 5 mm iniciais da chuva, resultando em um volume de 1,5 L de amostra. Após ser atingido esse volume, a água é encaminhada ao 2º frasco de coleta. Essa separação é realizada, para comparar a qualidade da água de chuva inicial (5 mm iniciais) e final. As Figuras 27 e 28 ilustram o aparato experimental.

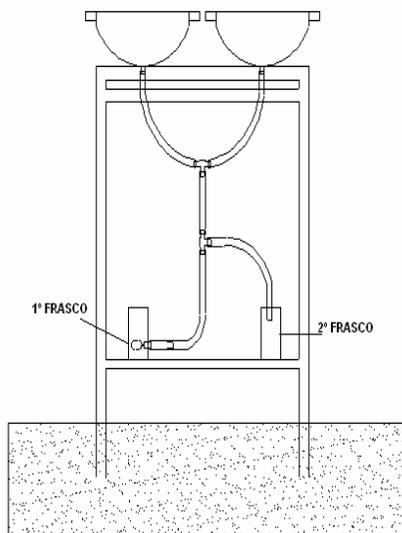


Figura 27: Representação esquemática do coletor



Figura 28: Coletor instalado na Estação Climatológica da UFMT

O equipamento coletor foi esvaziado de maneira manual, após cada evento de precipitação, para que não se tivesse interferências de resíduos nas amostras coletadas. O mesmo foi vistoriado e limpo diariamente com uso de água destilada, para que não houvesse interferências nos resultados obtidos nas amostras coletadas. De tal maneira que se pode afirmar que as coletas foram realizadas com base no processo de deposição úmida.

4.5 Coleta e processamento das amostras da água de chuva para análises microbiológicas

A coleta foi realizada em dois momentos distintos, sendo a primeira amostra colhida no início da precipitação e a segunda amostra colhida depois de transcorridos um intervalo de tempo de dez minutos da primeira coleta. Em ambas as coletas foram utilizadas béqueres estéreis com capacidade de quatro litros, lembrando que estes béqueres só eram utilizados no momento exato das precipitações (configurando a coleta por meio do processo de deposição úmida). As amostras foram transferidas para frascos de coleta previamente preparados para coletas de amostras de água bruta de acordo com as recomendações contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998) e CETESB (1998).

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas sob refrigeração e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental (LAMSA) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT para análises microbiológicas pelo método *Spread Plate* para determinação de bactérias heterotróficas, bactérias do grupo coliformes, incluindo *Escherichia coli* e fungos.

Contagem de Bactérias Heterotróficas cultiváveis

A população de bactérias heterotróficas mesófilas e aeróbias cultiváveis foi determinada nas amostras de água, por meio do método de Contagem Padrão em Placas (CPP), fazendo uso da técnica de *Spread Plate* em placa (APHA, 1998). Alíquotas de 300 µL das amostras de água, foram plaqueadas em triplicata, em meio desidratado Agar *Plate Count* (PCA) (Merck®). A contagem das Unidades Formadoras de Colônias (UFC) nas placas foi realizada depois de 48 horas de incubação a 35°C nas placas que apresentavam número entre 30 e 300 colônias. O número de colônias foi multiplicado pelo inverso do fator de diluição para obtenção do valor de UFC/mL de amostra e os valores expressos em Log de UFC/mL.

Isolamento e manutenção de estirpes bacterianas

A partir das colônias crescidas no meio Agar *Plate Count*, foram feitos isolamentos para obtenção de culturas puras das bactérias heterotróficas e de colônias de *Escherichia coli* crescidas em meio Chromocult Agar, correspondente ao período das chuvas de março de 2009. A pureza das colônias isoladas foi verificada após o plaqueamento, pela técnica de esgotamento, sobre o meio Trypticase Soy Agar (TSA, Merck®) com incubação por 35°C durante 24/48 horas. No caso das colônias apresentarem similaridade morfológica, uma alçada era transferida para o meio TSA em tubo inclinado. Depois de 24 horas a uma temperatura de 35°C, os tubos inoculados receberam uma camada de óleo mineral e estão sendo mantidos em temperatura de congelamento para posteriores reativação.

Identificação das estirpes bacterianas

Os isolados foram submetidos a uma triagem de modo a serem separados em grupos similares e serem realizados testes complementares para identificação. As características morfotintoriais de parede celular (por meio do teste de Gram) foi o primeiro critério de triagem.

Contagem Total de Fungos

As amostras de água para essa variável foram diluídas (10^{-1} a 10^{-3}) em água diluição estéril e adicionadas alíquotas de 300 μ L das amostras de água, em placas de Petri em triplicata contendo 18mL de meio de cultura desidratado Sabouraud Dextrose Agar (SDA) (Merck® pH final após esterilização: 5,6), homogeneizados e incubados por 7 dias a temperatura de 20-25°C (APHA, 1998).

Após o período de incubação foram selecionadas as placas correspondentes ao volume inoculado que apresentou contagem entre 50 e 60 colônias contadas com auxílio de contador de colônias (Phoenix mod. EC550AS). Os resultados das contagens foram expressos como número de Unidades Formadoras de Colônias de fungos por mililitro (UFC/mL) efetuando-se a contagem nas placas em triplicata, calculando-se a média entre as contagens e multiplicando-se o valor encontrado pelo inverso do fator de diluição utilizada (APHA, 1998) e os valores expressos em log de UFC/mL de água.

Isolamento e Identificação de Estirpes fúngicas isoladas da água de chuva (início e final)

As colônias fúngicas obtidas das amostras de água coletadas no período de março foram mantidas em tubo de ensaio contendo meio de cultura Sabouraud Dextrose Agar (SDA) (Merck®), à temperatura ambiente. Em câmara de fluxo laminar, foi realizada a transferência das estruturas fúngicas, com o auxílio da alça de platina de ponta fina para a placa de Petri contendo o meio de cultura ágar Sabouraud, e incubadas em câmara de incubação à temperatura de 25 ± 2 °C, fotoperíodo de 12 horas por sete dias. Posteriormente ao período de incubação utilizou-se o método de microcultivo ou método de cultura em lâmina para a identificação dos isolados, onde duas espátulas de madeira esterilizadas foram colocadas em paralelo no fundo da placa de Petri, contendo uma folha de papel filtro esterilizada e umedecida com 2 mL de água destilada e esterilizada. Uma lâmina de microscópio esterilizada foi colocada sobre as espátulas, e círculo de ágar transferido assepticamente para a lâmina. Posteriormente, o micélio do isolado fúngico foi inoculado no agar depositado na lâmina e coberto com uma lamínula esterilizada. A placa de Petri foi fechada e levada para a sala de incubação, a temperatura de 22 ± 2 °C, fotoperíodo de 12 h por 2 a 5 dias. Esperado o crescimento da colônia fúngica, a lamínula foi removida e juntamente com o crescimento abaixo da superfície do ágar, a mesma foi depositada em outra lâmina esterilizada e adicionado azul de metileno, que posteriormente foi observado ao microscópio óptico. As lamínulas foram seladas nas lâminas com esmalte.

Para a identificação dos isolados, foram observadas as estruturas típicas do fungo, as características macroscópicas da frente e reverso da placa quanto à pigmentação, textura e topografia, para identificação em nível de gênero e/ou espécie dos isolados da água da chuva, e comparados com a literatura (KERN; BLEVINS, 1999; KONEMAN et al., 2001; BARNETT; HUNTER, 1998; SANSON et al., 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Aspectos quantitativos

No intervalo de 1989 a 2009, que corresponde ao período de operação da estação obteve-se o valor médio anual para altura pluviométrica de 1386,1 mm. Nas Figuras 29 e 30 são apresentadas: a precipitação média máxima, média e mínima mensais para o período de operação da estação, e também a precipitação anual para o mesmo período, respectivamente.

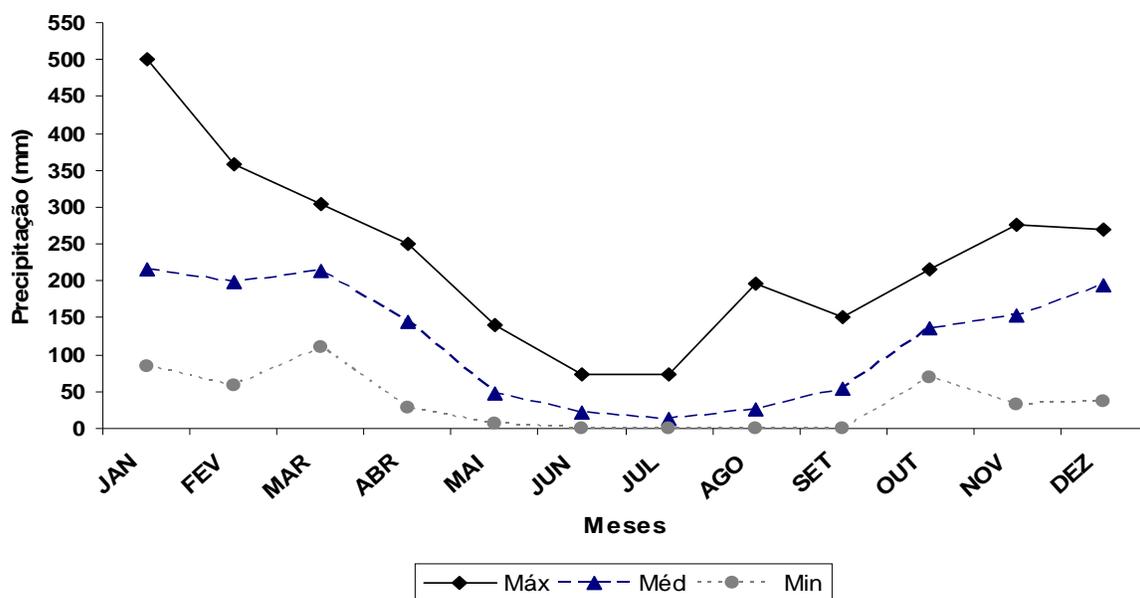


Figura 29: Precipitações máxima, média e mínima para o período de 1989 a 2008.
Fonte: Estação climatológica – UFMT (2009)

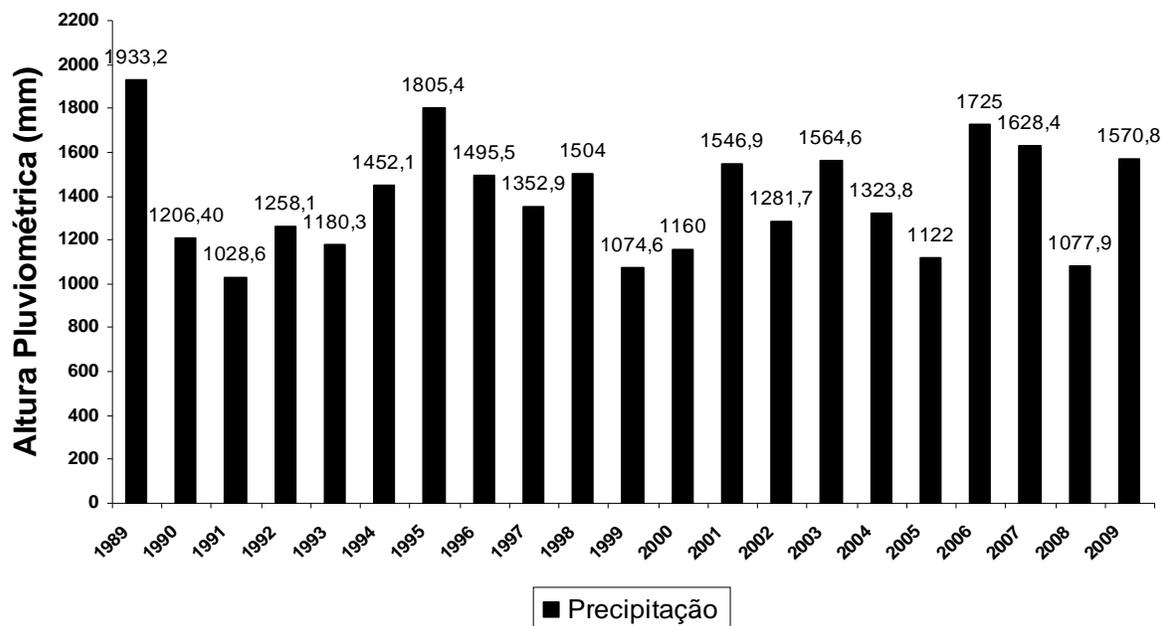


Figura 30: Precipitações anuais para o período de 1989 a 2009.
Fonte: Estação climatológica – UFMT (2009)

Foi evidenciado que durante o período de estudo desta pesquisa (janeiro de 2008 a janeiro de 2010) a distribuição temporal da precipitação ocorreu de maneira diferente no município de Cuiabá. O ano de 2008 pode ser considerado como um ano típico na distribuição das chuvas, porém com precipitação total abaixo da média (1077,90 mm). Evidencia-se que durante o período de seca, nos meses de junho e julho não houve nenhum registro de precipitação. O ano de 2009 foi um ano mais chuvoso que a média histórica anual, o mesmo apresentou pequenas precipitações durante os meses de junho, julho e agosto.

Na Figura 31 é apresentada a precipitação mensal para o período de janeiro de 2008 a janeiro de 2010. Pode ser observada a média mensal histórica de chuva, e assim identificar os períodos em que as chuvas situam-se abaixo e acima da média histórica.

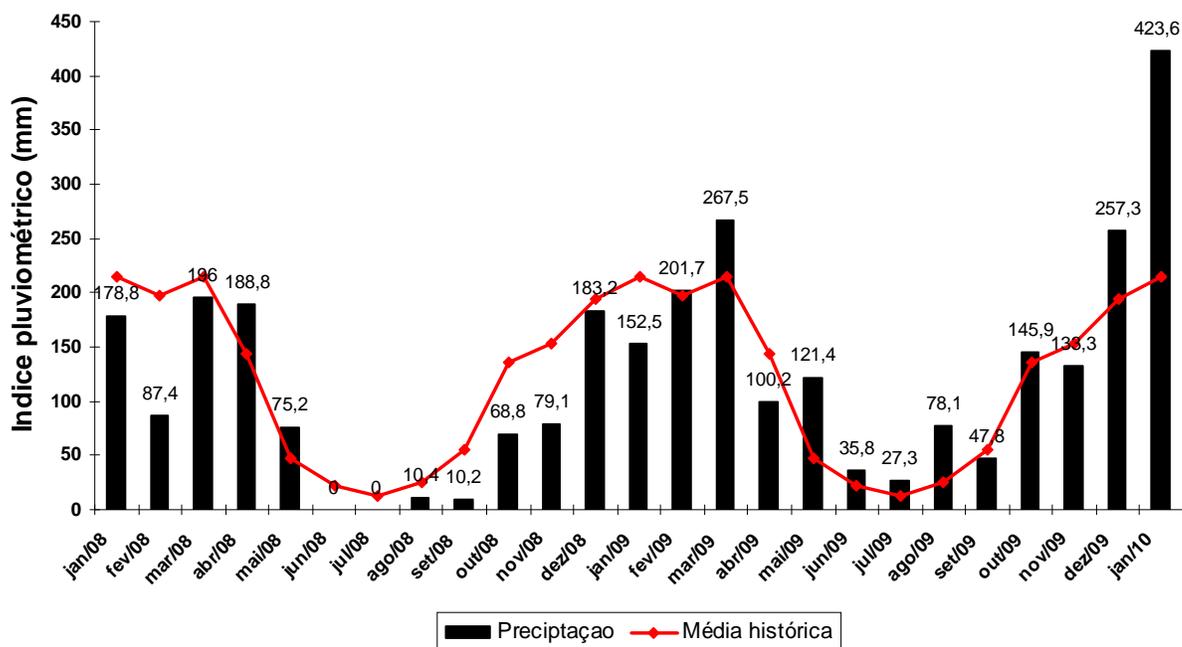


Figura 31: Precipitação mensal para o período de janeiro/2008 a janeiro/2010.

Outro fato a ser citado é que durante o mês de janeiro de 2010, seguindo uma tendência nacional, foi registrada uma precipitação muito alta em comparação com a média histórica para esse mês (conforme Figura 31). Fato como este pode ser verificado em poucos anos com base nos dados da Estação Climatológica da UFMT, como por exemplo 1989 e 1995, em que a média precipitada nesse mês é de aproximadamente 200 mm.

Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são aqueles que historicamente apresentam uma maior quantidade de dias com chuva e maior total precipitado (a maior média de precipitação ocorre, historicamente, no mês de janeiro). Durante o período de estudo, os meses de fevereiro e março de 2009 apresentaram um total precipitado superior ao mesmo período no ano de 2008; no mês de março foram registrados 21 dias com eventos de precipitação e um total de 267,5 mm precipitados. Em uma análise para o segundo semestre de 2009 e início de 2010, como não houve um período de seca bem definido na região, foram registrados totais precipitados superiores às médias históricas na maioria dos meses.

As Tabelas 3 e 4 apresentam os valores obtidos no pluviômetro situado na estação climatológica da UFMT durante o período analisado.

Tabela 3 – Chuva diária (mm) na estação climatológica Mestre Bombled/UFMT no ano de 2008.

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	1,40	1,50	12,00	0,90	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
2	4,60	17,30	6,40	36,40	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	9,50	0,70	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,20	0,00	13,00
4	10,90	0,00	1,00	15,00	0,00	0,00	0,00	10,40	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	46,20	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
7	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20
8	0,00	1,20	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
9	5,00	8,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,40	0,00
11	0,00	0,00	9,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,40
12	2,90	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,20	20,60
14	0,00	16,50	11,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80
15	8,40	1,80	26,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,60
16	0,00	0,00	11,20	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	13,20	0,00	0,00	0,00	35,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,90	4,00	0,00
19	16,10	0,00	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	5,90	0,00	3,40	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	3,40	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,20	3,20	0,00	0,00
22	4,40	3,70	5,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,40
24	0,00	18,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	20,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,80	4,50	0,00
26	8,20	6,50	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80
27	4,80	0,00	26,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	30,20	19,80
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	44,20
29	0,50	8,50	69,90	0,80	27,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,60
30	15,10	-	0,00	86,60	9,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	5,20
31	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	-	0,00
Total	178,80	87,40	196,00	188,80	75,20	0,00	0,00	10,40	10,20	68,80	79,10	183,20
Acum.	178,80	266,20	462,20	651,00	726,20	726,20	726,20	736,60	746,80	815,60	894,70	1077,90
Dias	18	13	17	10	6	0	0	1	1	7	6	14
Acum.	18	31	48	58	64	65	65	66	67	74	80	94
Máx.	46,20	18,30	69,90	86,60	35,40	0,00	0,00	10,40	10,20	30,90	30,20	44,20

Tabela 4 – Chuva diária (mm) na estação climatológica Mestre Bombled/UFMT no ano de 2009.

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	2,20	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
2	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,60
4	0,00	0,00	6,20	34,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,60	10,70
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	6,60
6	0,00	0,00	0,00	6,80	0,40	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	7,60	0,40
7	0,00	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,70	38,20
8	0,00	5,40	0,00	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	30,20
9	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
10	10,40	22,80	6,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,40
11	0,00	0,00	11,20	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	25,20	30,20
12	0,00	0,90	8,10	0,00	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	1,60
13	0,00	3,00	16,90	0,90	0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	17,50	0,00	34,50
14	0,00	6,10	15,50	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
15	0,00	0,00	0,00	27,00	45,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,40
16	0,00	5,90	1,70	0,00	0,00	22,20	0,00	0,00	0,00	0,00	6,30	5,00
17	42,20	35,10	37,70	0,00	0,00	13,60	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	9,00
18	56,30	0,70	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	8,30	0,00	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	15,80
20	17,00	0,00	20,80	0,00	0,00	0,00	0,00	8,70	11,20	55,50	0,00	2,20
21	0,00	0,00	0,40	1,80	0,00	0,00	0,00	3,20	19,70	10,60	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80	5,50	1,60	4,70
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	5,00	0,70	0,00
24	0,00	42,00	36,20	0,00	0,00	0,00	23,20	0,00	0,00	24,60	2,20	0,00
25	0,00	33,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	17,30	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	26,20	0,00
27	1,30	15,00	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	12,70	0,00	26,20
28	7,60	20,90	16,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,60	10,50	2,00	0,00
29	0,00		4,30	0,00	71,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40
30	0,00		4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	10,20
31	7,20		46,60		0,00		0,00	12,20		0,00		1,00
Total	152,50	203,70	267,50	100,20	121,40	35,80	27,30	78,10	47,80	145,90	133,30	257,30
Acum	152,50	356,20	623,70	723,90	845,30	881,10	908,40	986,50	1034,30	1180,20	1313,50	1570,80
Dias	9	15	21	7	4	2	3	6	6	9	18	21
Acum	9	24	45	52	56	58	61	67	73	82	100	121
Max.	56,30	42,00	46,60	34,00	71,60	22,20	23,20	48,00	19,70	55,50	26,20	38,20

Com base na Tabela 3 observa-se que o ano de 2008 foi um ano com baixo índice pluviométrico, abaixo da média histórica para a cidade, e com base na Figura 31, é percebido que mesmo durante o período chuvoso, foram poucos meses onde a quantidade precipitada foi superior a média, tal fato ocorrendo apenas em abril e maio.

No ano de 2009 é encontrada uma situação diferente, em que a quantidade precipitada foi bem superior quando comparada a 2008, estando aproximadamente 200 mm acima da média histórica anual (2009: 1570,80 mm e média histórica: 1386,10 mm). O comportamento em relação aos meses em que a quantidade precipitada é superior a média é bem diferente em 2009, durante os meses de fevereiro, março, maio, junho, julho, agosto, outubro e dezembro tal fenômeno pode ser observado. No início de 2010, seguindo uma tendência nacional de precipitações superiores as médias históricas, durante o mês de janeiro foi observado esse comportamento também na cidade de Cuiabá.

5.2 Aspectos qualitativos

São apresentados neste capítulo as discussões sobre os resultados obtidos na caracterização qualitativa da água direta da chuva. Esses resultados serão abordados de maneira distinta entre os parâmetros físicos e químicos e os microbiológicos, de maneira similar ao realizado no capítulo de materiais e métodos. Inicialmente serão descritos os resultados obtidos das análises físicas e químicas realizadas, e posteriormente a descrição da avaliação microbiológica realizada.

São identificados separadamente os valores obtidos pelas amostras coletadas no início da precipitação (os 5 mm iniciais), bem como após esse intervalo de tempo. Assim pode-se perceber a influência temporal na qualidade da água de chuva.

Os resultados são apresentados em gráficos para cada variável separadamente. As figuras foram elaboradas em função do tempo, e a precipitação respectiva para a data de coleta é apresentada em um eixo inverso.

Para realizar uma comparação com a legislação pertinente com interesse de balizar os resultados apresentados com a normatização disponível e com intuito de garantir a qualidade da água para seus usos respectivos, foram utilizados como referência neste trabalho a NBR 15.527/2007, BRASIL (2000), BRASIL (2005), e o Manual de Conservação e Reuso da Água (ANA/FIESP/SindusCon, 2005).

Com exceção à NBR citada, as referências utilizadas não são específicas para o aproveitamento de água de chuva em usos não potáveis, assim seu uso é condicionado ao efeito comparativo dos resultados apresentados, devido ao fato da NBR não apresentar indicações mais completas com relação ao monitoramento qualitativo da água de chuva.

Buscou-se comparar os resultados obtidos neste trabalho com outras pesquisas realizadas no país, porém não esquecendo das especificidades de cada local e de metodologias diferentes utilizadas durante o levantamento dos dados, para que não seja criada uma tendência a inferir suposições nem sempre corretas com relação à qualidade apresentada pela água da chuva.

5.2.1 Variáveis físicas

As variáveis utilizadas para caracterizar fisicamente a água de chuva foram a cor, turbidez e os sólidos em suas diversas frações.

Cor aparente

Segundo Rebello (2004) a Cor é determinada por uma alteração na aparência da água provocada pelos sólidos dissolvidos como ocorre, por exemplo, quando existe a decomposição da matéria orgânica no meio líquido.

Das amostras analisadas os valores para Cor foram mais elevados na amostra inicial da água de chuva, com valor médio de 16,19 mgPtCo/L, e mediana de 14,00 mgPtCo/L. Para a chuva final o valor de média foi 10,89 mgPtCo/L e a mediana 8,00 mgPtCo/L. A faixa de variação total observada foi de 3 a 55 mgPtCo/L.

Os desvios padrões foram respectivamente 10,88 e 9,30, demonstrando assim a variabilidade nos resultados apresentados, característica esta, inerente às análises realizadas com amostras de chuva, pois uma precipitação não deverá apresentar características semelhantes às demais, devido a fatores como a variação na composição atmosférica no local, a temperatura, a umidade do ar, entre outros.

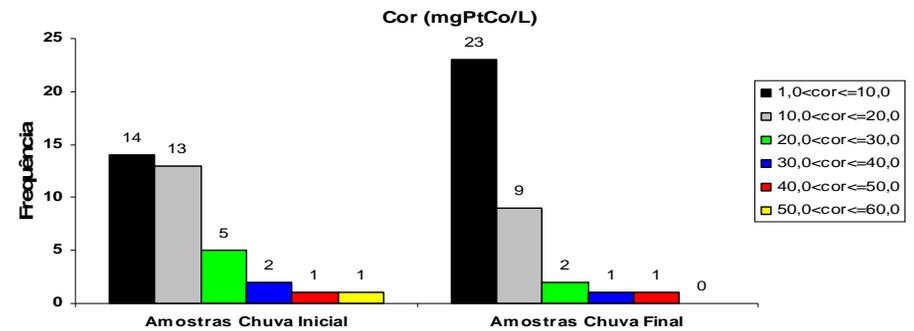
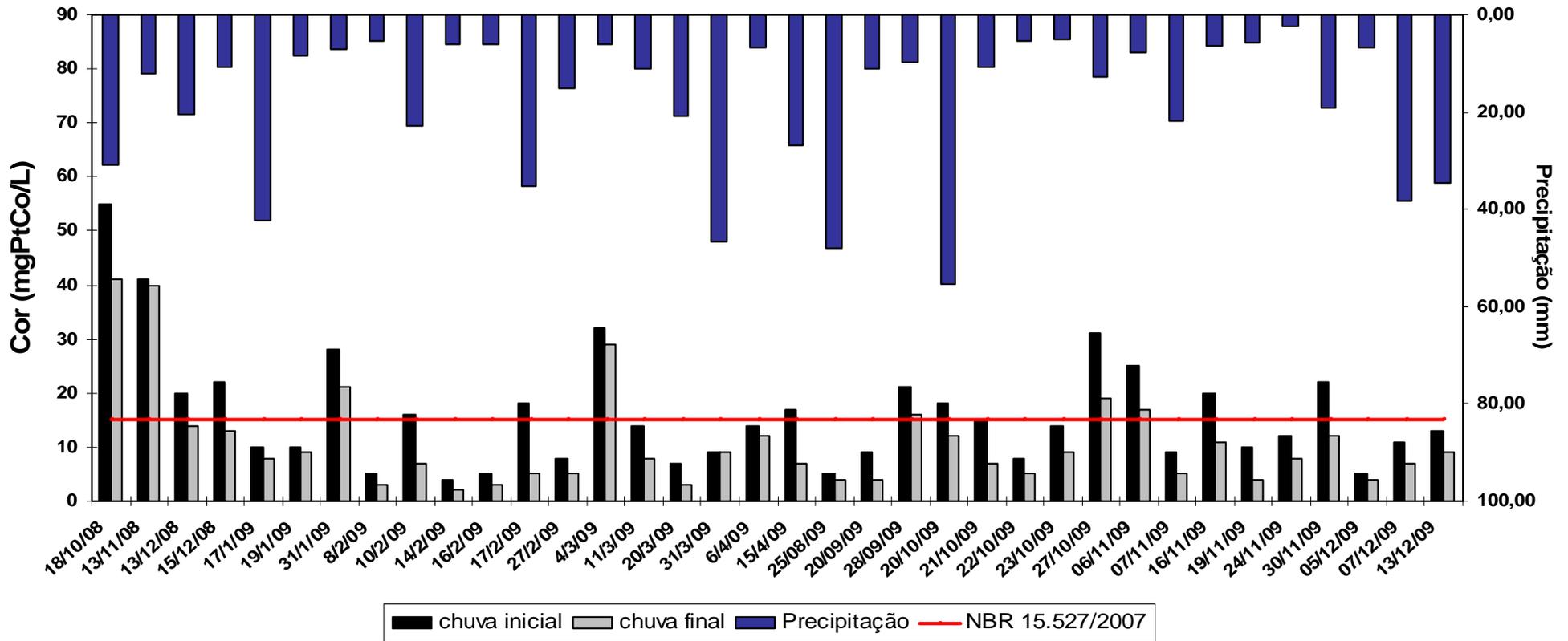


Figura 32: Variação da cor em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

Observa-se na Figura 32 o efeito da diminuição da cor, quando levado em consideração a distinção entre o início e o final da chuva. Em todas as amostras analisadas, o parâmetro Cor apresenta resultados mais elevados para a chuva inicial, fato este que ocorre em função da capacidade da água (como solvente universal) em carrear consigo as partículas presentes no meio em que esta atravessa. No caso específico da chuva, a água ao atravessar uma atmosfera com uma grande quantidade de material particulado, irá carrear tais materiais consigo, e com o passar do tempo durante o evento de precipitação, há uma melhora nas condições iniciais em que esta se encontrava, e conseqüentemente há uma melhora (por vezes significativa) na qualidade da água.

Esse fenômeno de melhora na qualidade da água da chuva com o decorrer do tempo pode ser considerado como uma constante para os parâmetros de qualidade avaliados neste trabalho e também em praticamente toda literatura específica. Assim quando da instalação de um sistema de aproveitamento da água de chuva, na maioria das vezes é recomendada o descarte dos milímetros iniciais das chuvas, em função da qualidade apresentada pela água. Quando da utilização de um sistema de aproveitamento em que seja utilizada toda a precipitação (sem descarte inicial), exige-se um nível maior de tratamento para posterior uso .

Com base no histograma de frequência e buscando balizar os resultados com a ABNT (2007), onde o limite para a Cor é de 15 mgPtCo/L, foi verificado que 64% das amostras de chuva final encontraram-se inseridas na faixa de 0 a 10 mgPtCo/L, para a chuva inicial esse valor foi de 39% dos valores pontuais.

Também pode ser verificada a relação entre a quantidade precipitada e os valores apresentados no parâmetro cor, na qual um comportamento que ocorre em algumas amostras consiste no fato de que em precipitações mais significativas responderam com valores menores na cor, podendo-se supor uma diluição das partículas sólidas dissolvidas na água responsáveis pela sua coloração. Salienta-se que tal fenômeno não pode ser considerado como uma regra, visto que há uma característica natural de variabilidade nos eventos de precipitação.

Um evento interessante que apresenta uma característica singular pode ser descrito na precipitação ocorrida no dia 18/10/2008. Esta data representa a primeira chuva após a liberação do período de queimadas no estado de Mato Grosso, com base em medições realizadas pela SES/SEMA. Verifica-se que a quantidade de material particulado presente na atmosfera em Cuiabá em 2008 (Figura 34), em algumas datas específicas durante os meses de setembro e outubro, é superior ao limite proposto pela Resolução n °03 CONAMA como sendo adequado à saúde humana ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$).

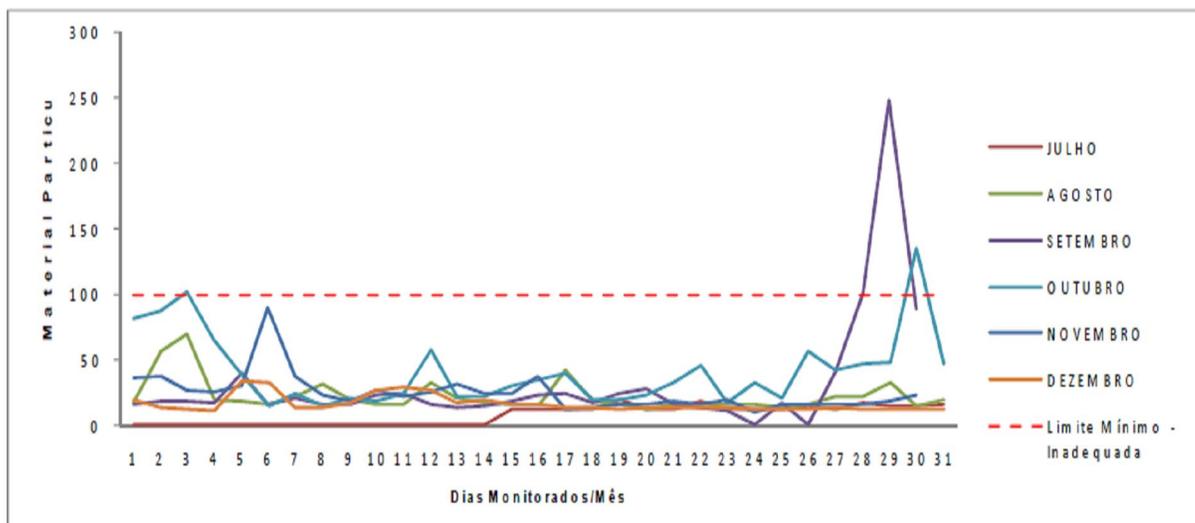


Figura 33: Evolução da concentração de material particulado na atmosfera em Cuiabá em 2008.
Fonte: Relatório de qualidade do ar SES/SEMA, 2009.

Dessa forma essa primeira chuva carregou todo esse excesso de material particulado, portanto, nessa coleta foram observados valores elevados para quase todos os parâmetros, principalmente para aqueles que são diretamente influenciados pelo material em suspensão no ar (turbidez, condutividade e a série de sólidos). Salientando que, esta data foi mais bem descrita, de maneira a exemplificar situações que ocorreram em outras amostragens.

Analisando os resultados da chuva final, observa-se que a maior parte destas amostras (81%) encontra-se inserida nos limites propostos para o uso perante a ABNT (2007). No entanto há necessidade de algum tipo de tratamento (mesmo que simplificado) para que o padrão requerido seja atingido.

Para as amostras de chuva inicial, praticamente metade das amostras pontuais (42%) não atende aos limites propostos nas literaturas utilizadas. A média apresentada pela chuva inicial (16,19 mg PtCo/L) se encontra levemente superior ao limite proposto pela NBR 15.527/2007 (15 UH).

Quando feita uma avaliação conjunta da qualidade da chuva para o parâmetro Cor, entre as amostras inicial e final, verifica-se que em 19% das amostras não são atendidos os limites propostos pela NBR.

Turbidez

A Figura 34 apresenta as médias para o parâmetro Turbidez em função da distinção realizada entre chuva inicial e chuva final.

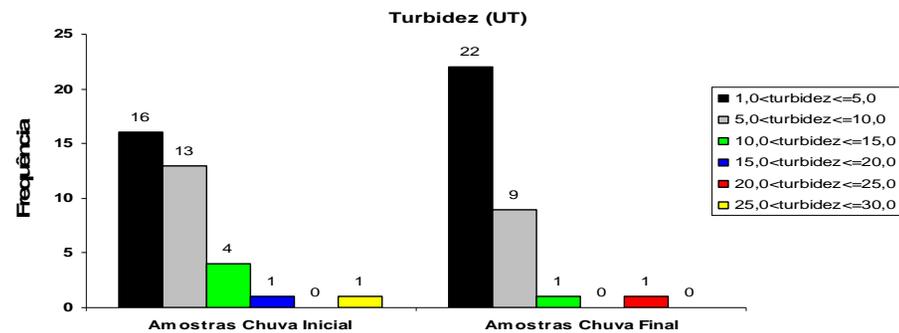
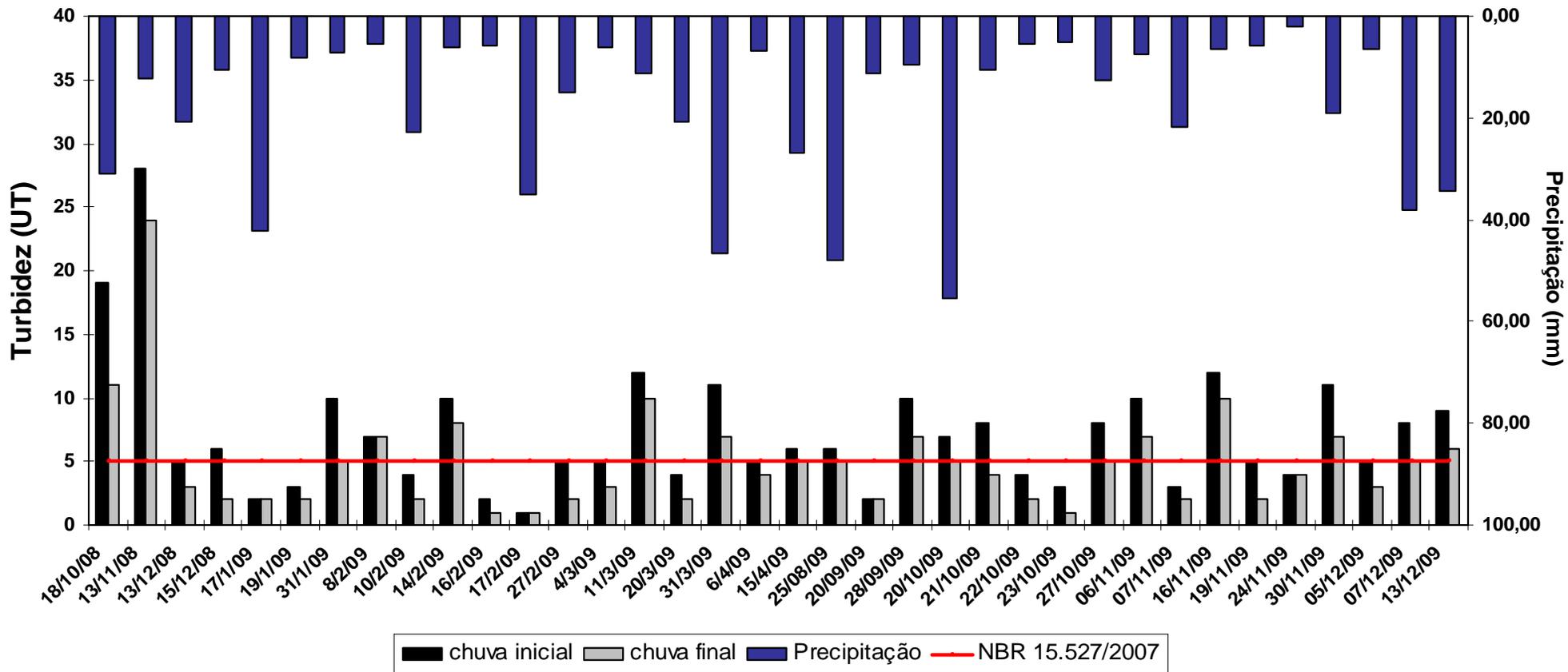


Figura 34: Variação da turbidez em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

O valor médio para a turbidez foi de 7,22 UT e mediana de 6,00 UT para a amostra inicial da chuva. Na amostra final os valores encontrados foram de 4,94 UT para média e 4,00 UT de mediana. A faixa de variação foi de 1 a 28 UT. Os respectivos desvios padrões calculados foram de 5,16 e 4,24 para as amostras inicial e final das chuvas. O decaimento dos valores obtidos quando feita a distinção entre as amostras inicial e final pode ser observado assim como na variável Cor. Da análise do histograma de frequência, é percebido que 80% das amostras ficou inserida na faixa de variação de 0 a 10,0 UT.

Devido à variabilidade nos eventos de precipitação, em algumas amostras consegue-se supor a existência de uma relação entre os resultados obtidos com a quantidade precipitada. Assim o aumento dos valores de turbidez pode ser relacionado a pequenas quantidades de chuva, juntamente a uma quantidade elevada de material em suspensão na atmosfera.

Quando comparada com a legislação os valores médios das amostras encontram-se dentro do limite proposto pela NBR 13.969/1997 (turbidez inferior a 10 UT), porém dentro da faixa de variação observam-se valores que excedem o limite máximo.

Para as demais literaturas analisadas, os valores médios da variável turbidez, tanto para a chuva inicial quanto para a chuva final encontram-se fora dos padrões recomendados, seja para o Manual de Conservação e Reuso da Água (turbidez inferior a 2 UT), quanto a NBR 15.527/2007 (turbidez inferior a 5 UT), com exceção apenas para a média obtida pela chuva final, quando em comparação a NBR 15.527/2007.

Ao ser feita uma avaliação global da qualidade da chuva para o parâmetro Turbidez, observa-se que 30% das amostras (analisando em conjunto a chuva inicial e a final) apresentam valores superiores aos recomendados pela NBR 15.527/2007.

Quando comparadas as legislações, o Manual da ANA/ FIESP/SindusCon (2005) aparece como o mais rigoroso no que tange aos padrões para o atendimento a demanda de bacias sanitárias, em que nesta última referência, a classe 1 exige um limite máximo de turbidez de 2 UT. As demais recomendações fornecem parâmetros mínimos de qualidade da água para que esta possa ser utilizada em fins não potáveis.

Sólidos

A variação nas concentrações das frações componentes dos sólidos em função da distinção realizada entre chuva inicial e chuva final é apresentada nas Figuras 35 a 40.

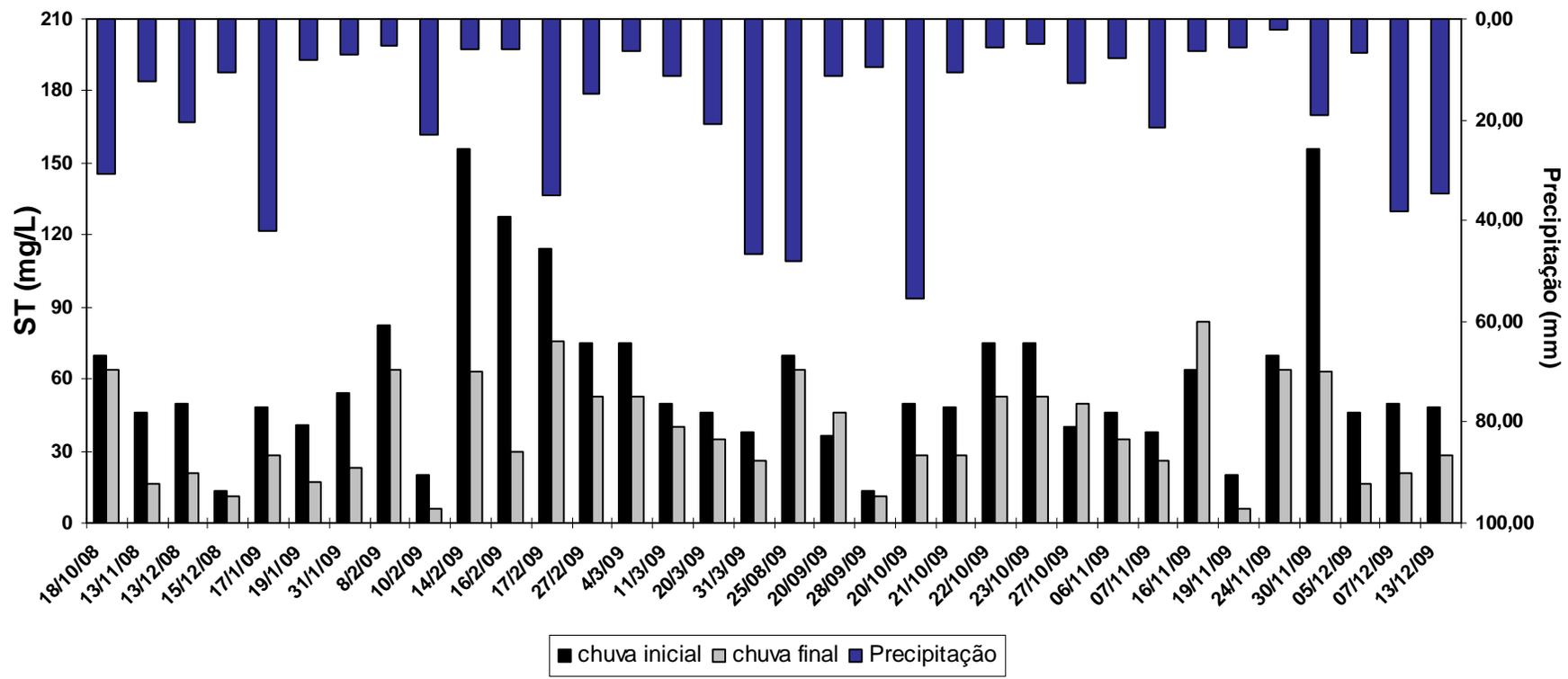


Figura 35: Variação dos Sólidos Totais (ST) em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

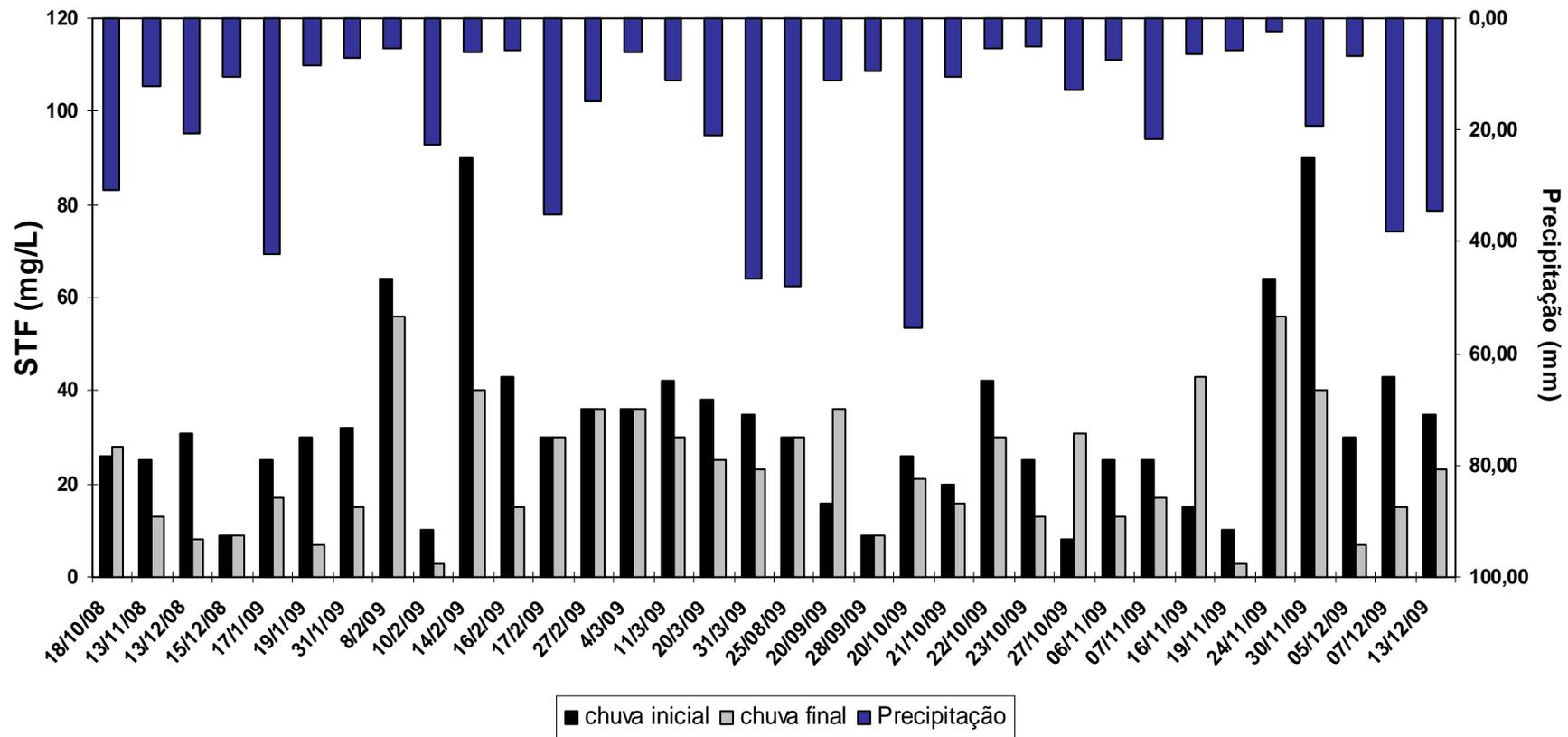


Figura 36: Variação dos Sólidos Totais Fixos (STF) em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

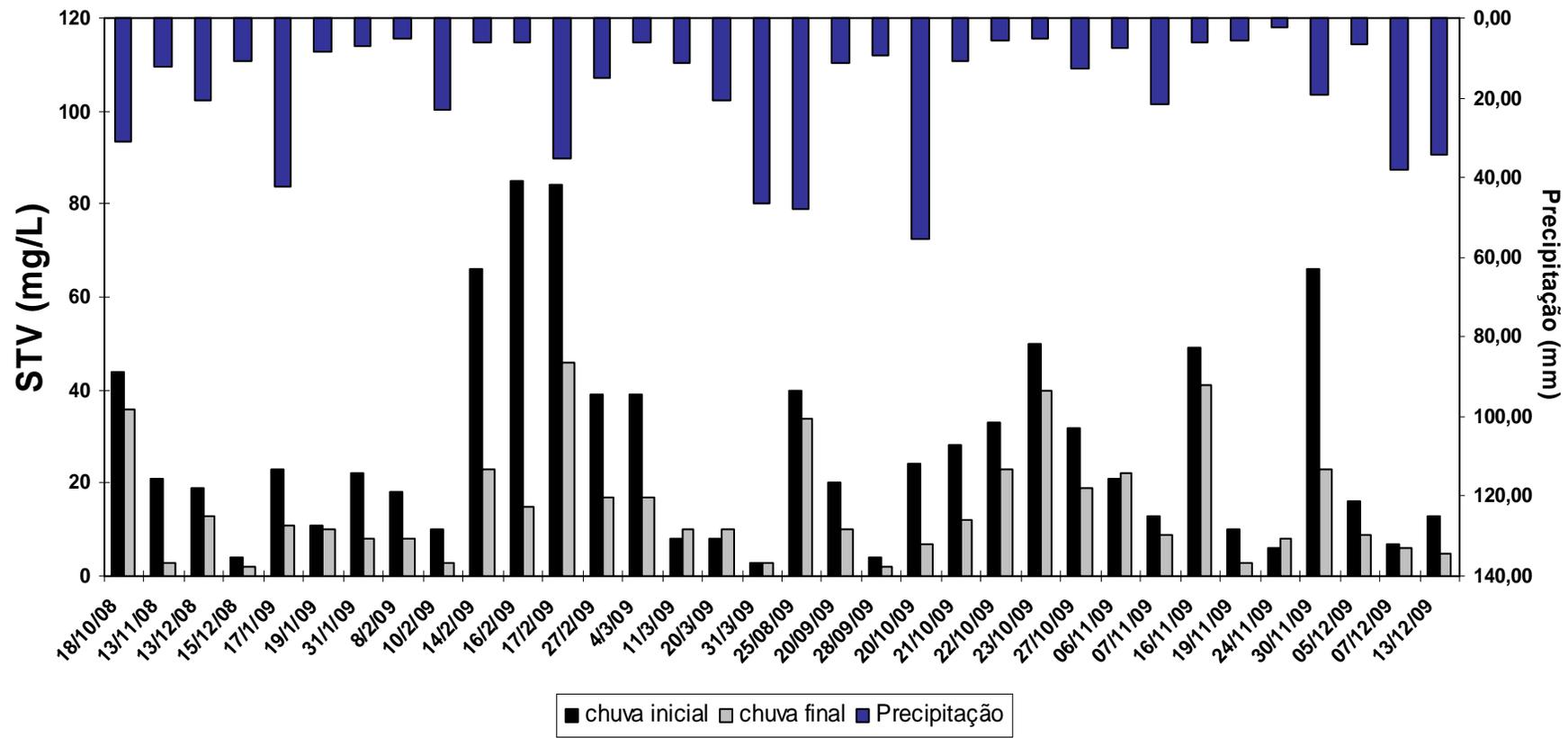


Figura 37: Variação dos Sólidos Totais Voláteis (STV) em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

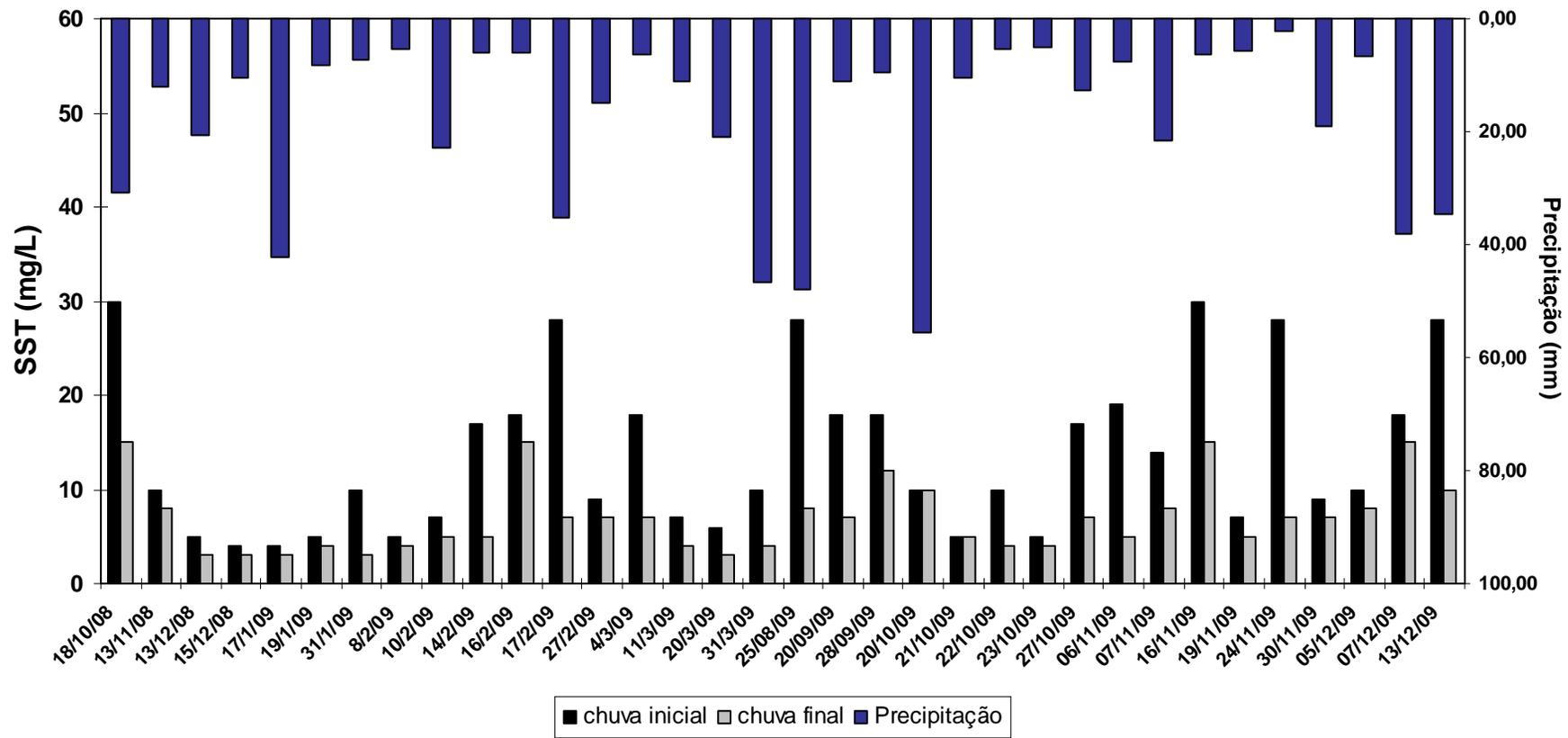


Figura 38: Variação dos Sólidos em Suspensão Totais (SST) em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

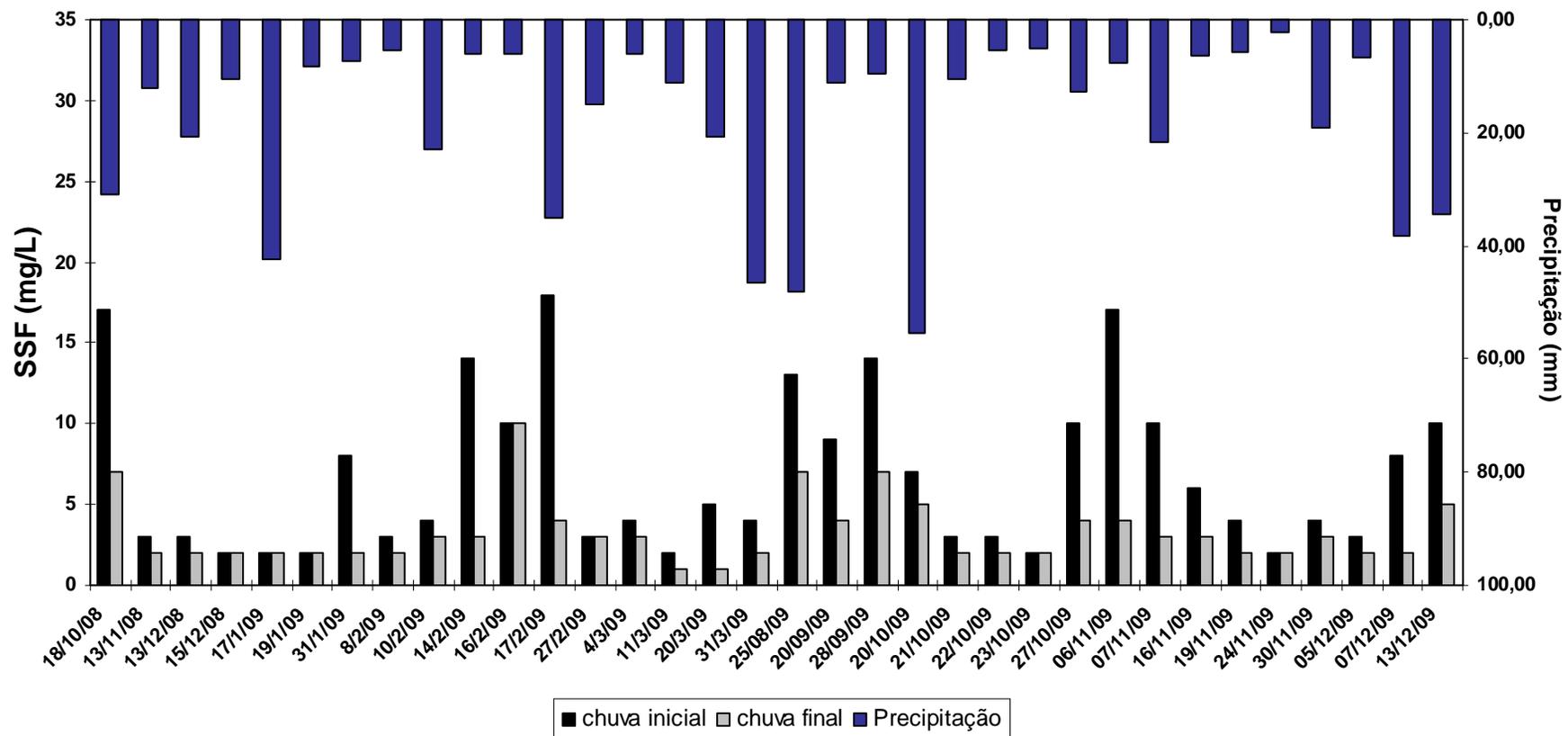


Figura 39: Variação dos Sólidos em Suspensão Fixos (SSF) em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

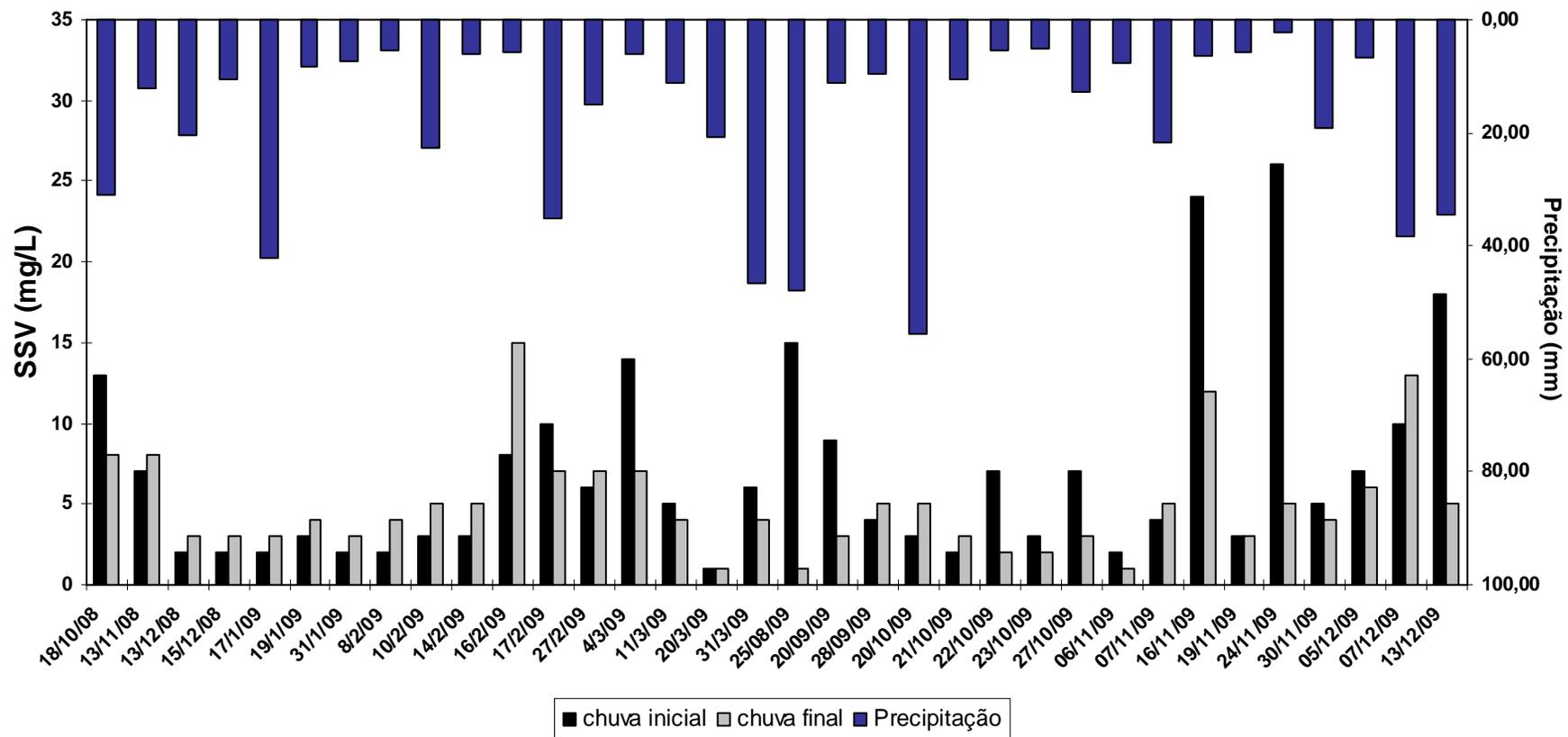


Figura 40: Variação dos Sólidos em Suspensão Voláteis (STV) em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

Observou-se em todas as frações de sólidos, o efeito da lavagem da atmosfera. A partir da análise dos valores médios constatou-se uma redução de 36,53% (ST); 28,79% (STF); 45,74% (STV); 49,28% (SST); 51,93% (SSF) e 46,58% (SSV) das amostras da chuva inicial e final.

Para os Sólidos Totais também pode ser observada a mesma característica verificada nos parâmetros de Cor e Turbidez. Para as menores quantidades precipitadas os valores da quantidade de sólidos foram elevados, podendo-se supor alta concentração de material particulado presente na atmosfera.

Os sólidos totais voláteis estes representam a fração orgânica presente no material particulado que após ser calcinado a 550°C aproximadamente se volatiliza enquanto as frações minerais permanecem como resíduo fixo. Portanto essas frações sólidas variam entre si de acordo com a composição atmosférica local, assim quando em eventos amostrados após épocas com presença de queimadas apresentam uma quantidade mais elevada de sólidos fixos. Quando há presença de uma fração orgânica maior na composição do material particulado presente na atmosfera, a fração de sólidos voláteis apresenta-se superior aos sólidos fixos. Tal fato pode ser evidenciado nas análises de DBO, OD e também nos parâmetros microbiológicos como, coliformes totais, e a densidade de bactérias heterotróficas cultiváveis e de fungos cultiváveis.

Os sólidos em suspensão representam a fração sólida que é retida quando um volume de amostra do efluente é filtrado através de um equipamento apropriado. Estas frações possuem resultados inferiores aos apresentados nos sólidos totais, fixos e voláteis, porém o comportamento entre as frações sólidas voláteis e fixas segue a mesma tendência e análise descrita anteriormente.

Como descrito na análise de variável cor, as frações de sólidos avaliadas nas amostras de água de chuva sofrem uma influência direta do material em suspensão presente na atmosfera, seja ele material particulado inerte, como poeira, fuligem, ou mesmo material orgânico, provindo de vegetação no entorno da área de coleta, lembrando também da ação do vento (provocando além do transporte de partículas, a ressuspensão daquelas anteriormente depositadas no solo).

5.2.2 Variáveis químicas

As variáveis químicas utilizadas para caracterizar a água de chuva foram pH, Oxigênio Dissolvido, a Demanda Bioquímica de Oxigênio, a condutividade elétrica da água e alcalinidade.

pH

O pH da água de chuva coletada diretamente variou de 5,23 a 7,55, tanto para a chuva inicial quanto para a chuva final. O valor médio obtido para as duas situações foi 6,79 e 6,82 respectivamente. O desvio padrão para as amostras foi de 0,53 e 0,50 respectivamente.

Como encontrado em Melo (2007), Jaques (2005), Anecchini (2005), o pH da água de chuva apresenta valores na faixa de 5 a 6. Neste trabalho, durante o período monitorado, esse fenômeno não foi observado. Através dos resultados obtidos o pH encontrado foi praticamente neutro, variando numa faixa de 6,5 a 7.

Analisa-se no Departamento de Química da UFMT o pH da água de chuva coletada também na estação Climatológica da Universidade, e foram obtidos resultados similares aos encontrados nessa pesquisa (comunicação pessoal). Assim deve ser realizada uma análise mais específica com relação à composição química da água de chuva, pois a presença de algum componente atmosférico poderia ser capaz de realizar um efeito de neutralização da acidez normalmente presente nas águas de chuva.

Uma das suposições é a existência de alguns íons formados da interação entre os resíduos das queimadas constantes no estado (material particulado, fuligem, etc) com a umidade presente na atmosfera, dando origem a sais, e íons que acabam tamponando o pH da água de chuva na cidade de Cuiabá. Verificou-se também uma ligeira elevação do pH da água da chuva inicial em relação ao restante da precipitação.

Apenas as primeiras precipitações (em outubro de 2008 e em datas específicas do mês de novembro e dezembro de 2009) apresentaram características mais ácidas com pH abaixo de 6,0.

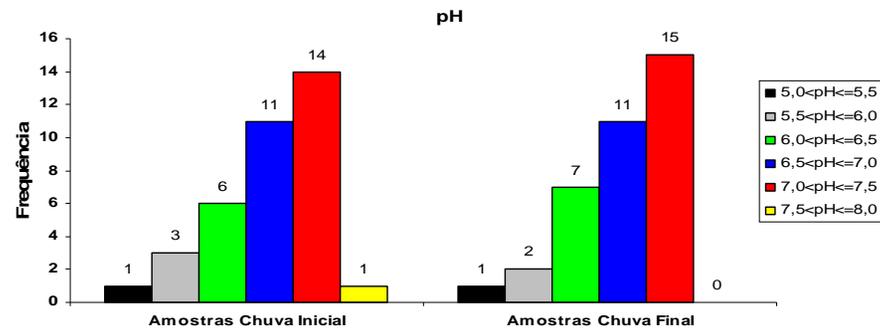
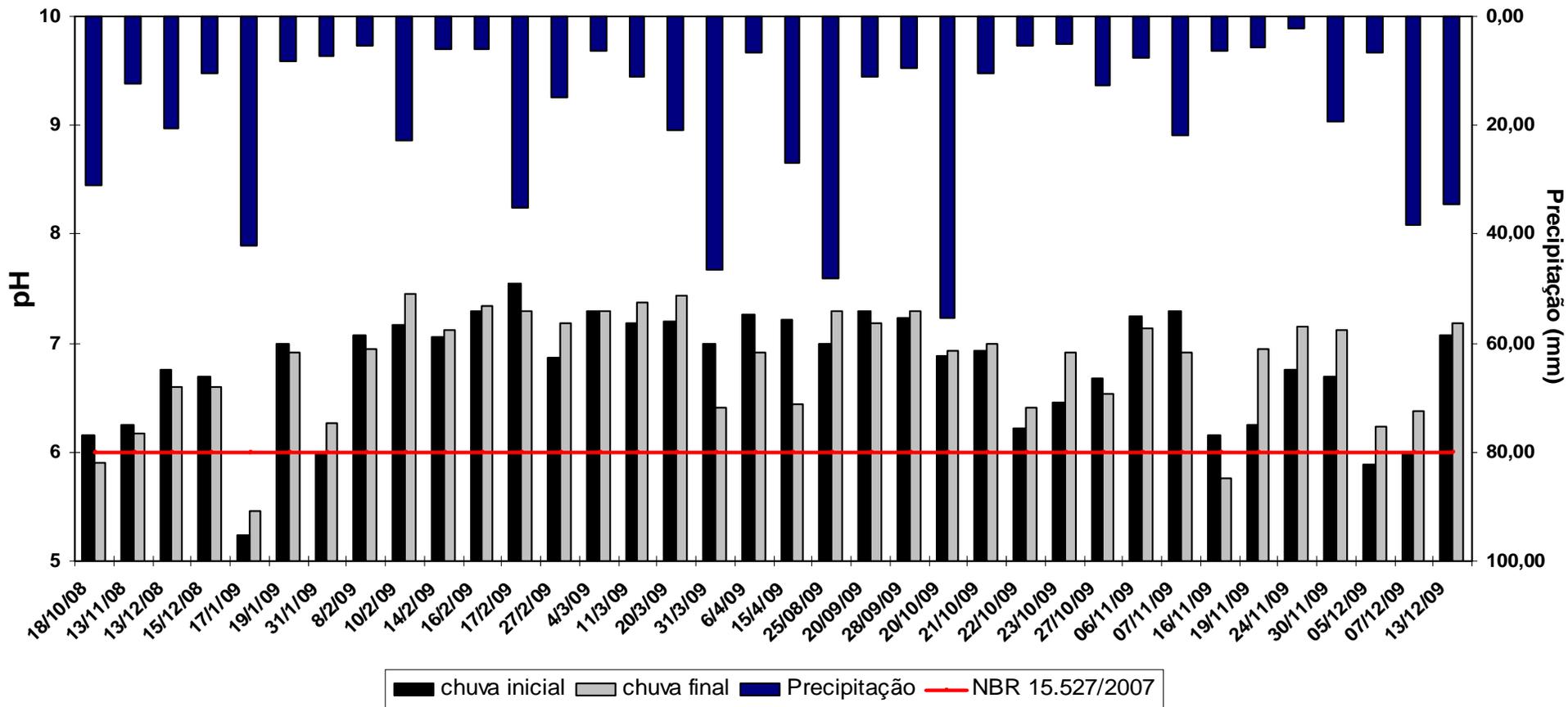


Figura 41: Variação do pH em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

Com base na análise de frequência mostrada na Figura 41, é visto que a maioria dos resultados encontrou-se inserida na faixa de 6,0 a 7,5 (85% das amostras ficou inserida nessa faixa) evidenciando o pH básico característico do município. Da faixa de variação total obtida pelo pH (5,23 a 7,55), a maioria das amostras esteve inserida na faixa recomendada pelas literaturas utilizadas para efeito de comparação neste estudo, 6,0 a 9,0. Uma comparação dos resultados obtidos para determinação de pH em Cuiabá e em outras localidades pode ser observada no Quadro 16 abaixo.

Quadro 16 – pH em municípios brasileiros.

Autor	Local da pesquisa	pH
Mello (2001)	Rio de Janeiro	5,10
Forti et al (1990)	São Paulo	5,00
De Luca e asquez (2000)	Porto Alegre	6,30
Pinheiro et al (2005)	Blumenau	5,31
Anecchini (2005)	Vitória	6,09
Jaques (2005)	Florianópolis	5,46
Santos et AL (2007)	João Pessoa	5,24
Melo (2007)	Natal	6,23
Esta pesquisa	Cuiabá	6,80

Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

A DBO corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos presentes na amostra para realizar a oxidação biológica, da matéria orgânica presente na mesma, realizando o controle a temperatura, em um intervalo de tempo determinado. Os resultados obtidos variaram de de 0,50 a 3,61 mg/L, com um valor médio da variando de 1,53 a 1,35 mg/L para chuva inicial e final respectivamente.

Esperavam-se resultados da ordem de grandeza apresentados durante o estudo, pois as amostras de chuva não apresentam quantidades significativas de poluentes passíveis de serem degradados organicamente.

Segundo BRASIL (2005) considera-se que a DBO deva possuir um valor até 5,0mg/L, limite encontrado em todas as amostras analisadas. A Figura 42 apresenta a variação da amostras pontuais de análise de DBO, em que todos os valores encontraram-se inseridos no limite proposto em BRASIL (2005).

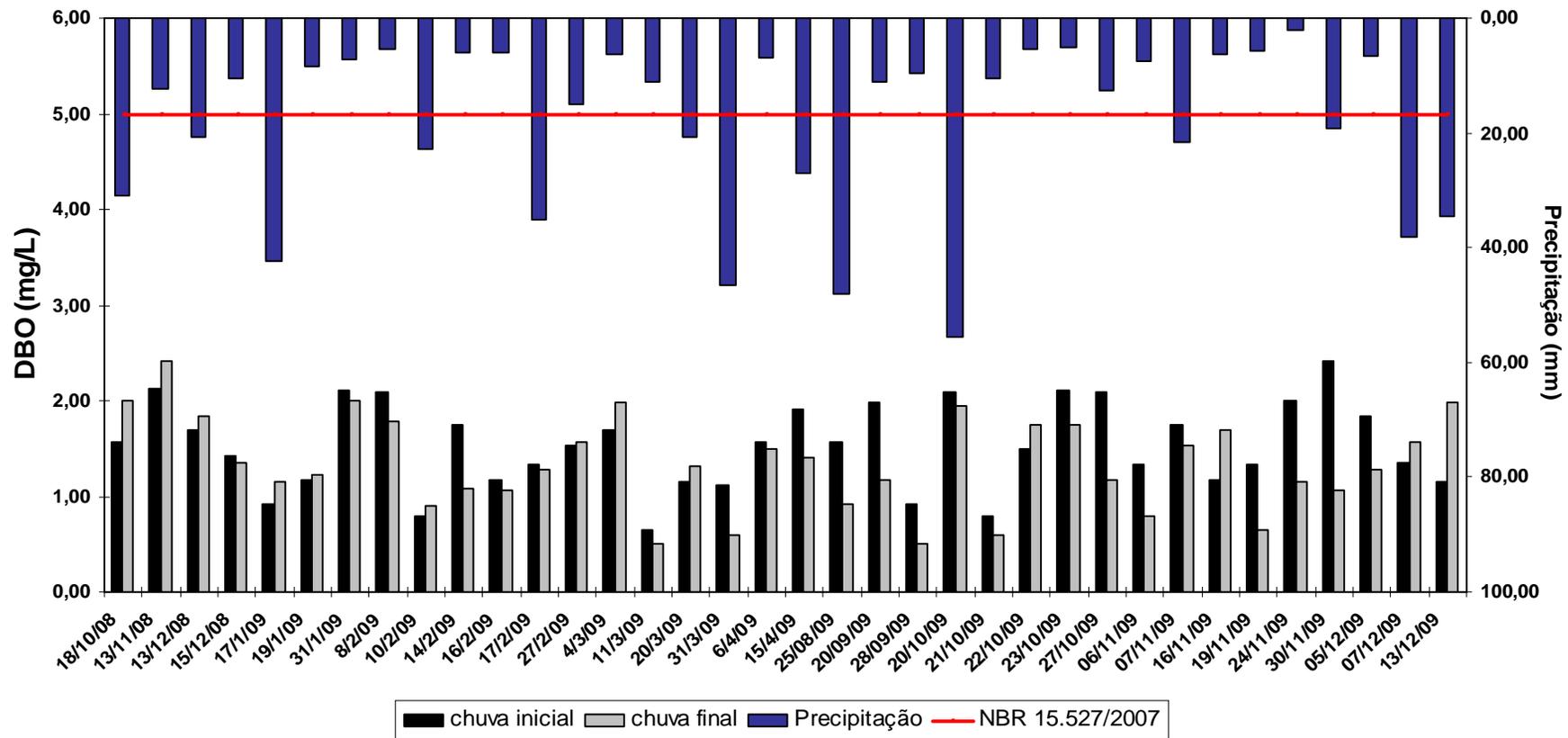


Figura 42: Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

Condutividade Elétrica e Alcalinidade

A condutividade elétrica da água e a alcalinidade apresentaram valores baixos, condizentes com os valores apresentados em outros estudos com água de chuva realizados em Florianópolis e Vitória, citadas em Gonçalves (2006). Vale lembrar que nenhuma literatura normativa (nem mesmo a Portaria 518/04 que dispõe sobre a potabilidade da água) faz recomendação com relação aos valores máximos permitidos para essas variáveis em águas de chuva

Os valores médios obtidos para alcalinidade foram: 2,98 e 2,58 mg/L para as amostras inicial e final da precipitação. A faixa de variação obtida foi de 0,50 a 6,00 mg/L e o desvio padrão de 1,26 para ambas amostras.

Para condutividade elétrica da água de chuva, os valores médios apresentados foram os seguintes 10,19 $\mu\text{S/cm}$ e 7,12 $\mu\text{S/cm}$ para as amostras iniciais e finais respectivamente. A faixa de variação desse parâmetro variou de 2,636 a 46,56 $\mu\text{S/cm}$. O desvio padrão encontrado para amostra inicial foi 6,75 e para chuva final este valor foi de 3,39.

Uma comparação dos resultados obtidos para condutividade elétrica da água neste trabalho e em outras localidades pode ser observada no Quadro 17.

Quadro 17 – Condutividade elétrica para municípios brasileiros

Autor	Local da pesquisa	Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)
Anecchini (2005)	Vitória	32,70
Jaques (2005)	Florianópolis	16,57
Guilherme (2006)	Natal	19,85
Melo (2007)	Natal	20,32
Esta pesquisa	Cuiabá	8,65

A variação nos resultados apresentados por estes parâmetros em função da distinção entre chuva inicial e chuva final, encontra-se descrita nas Figuras 43 e 44.

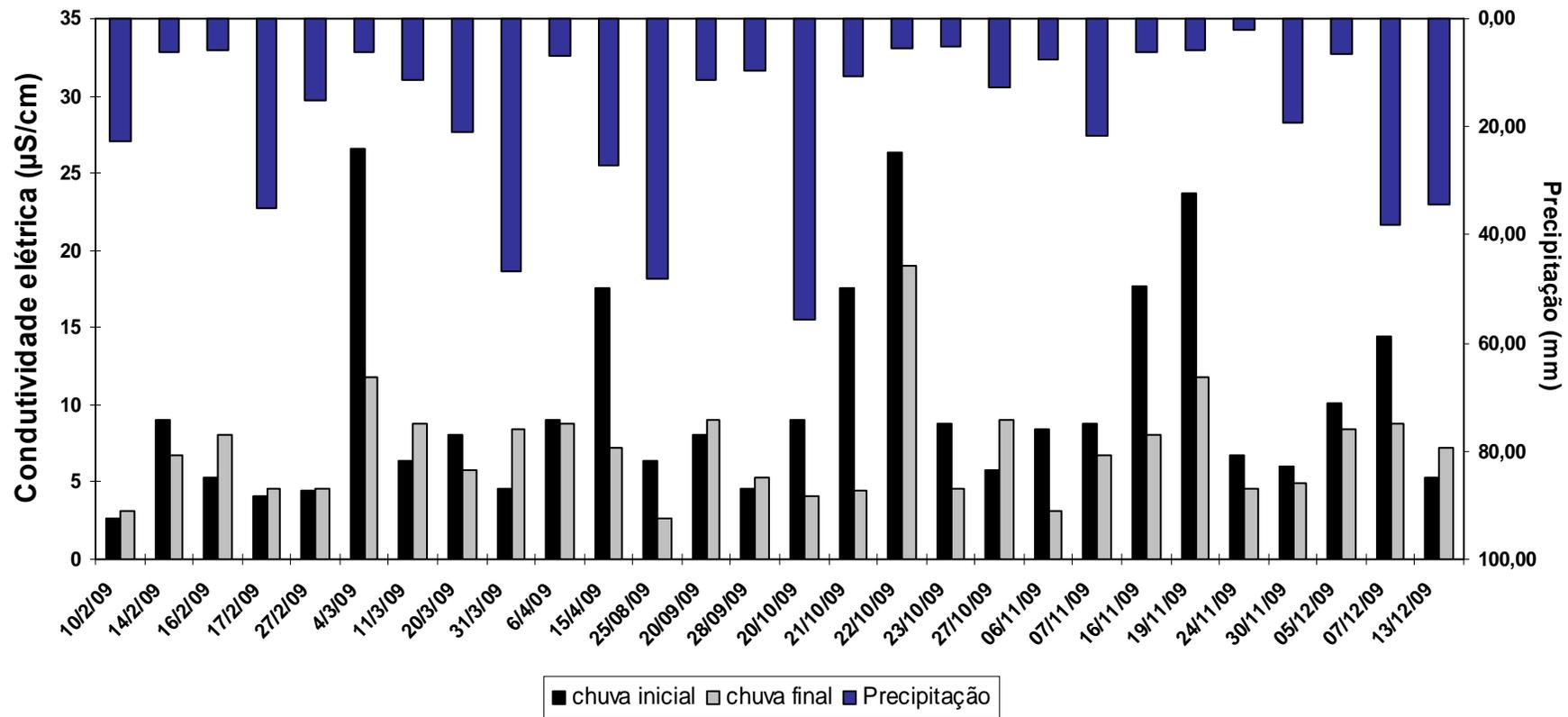


Figura 43: Variação da Condutividade em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

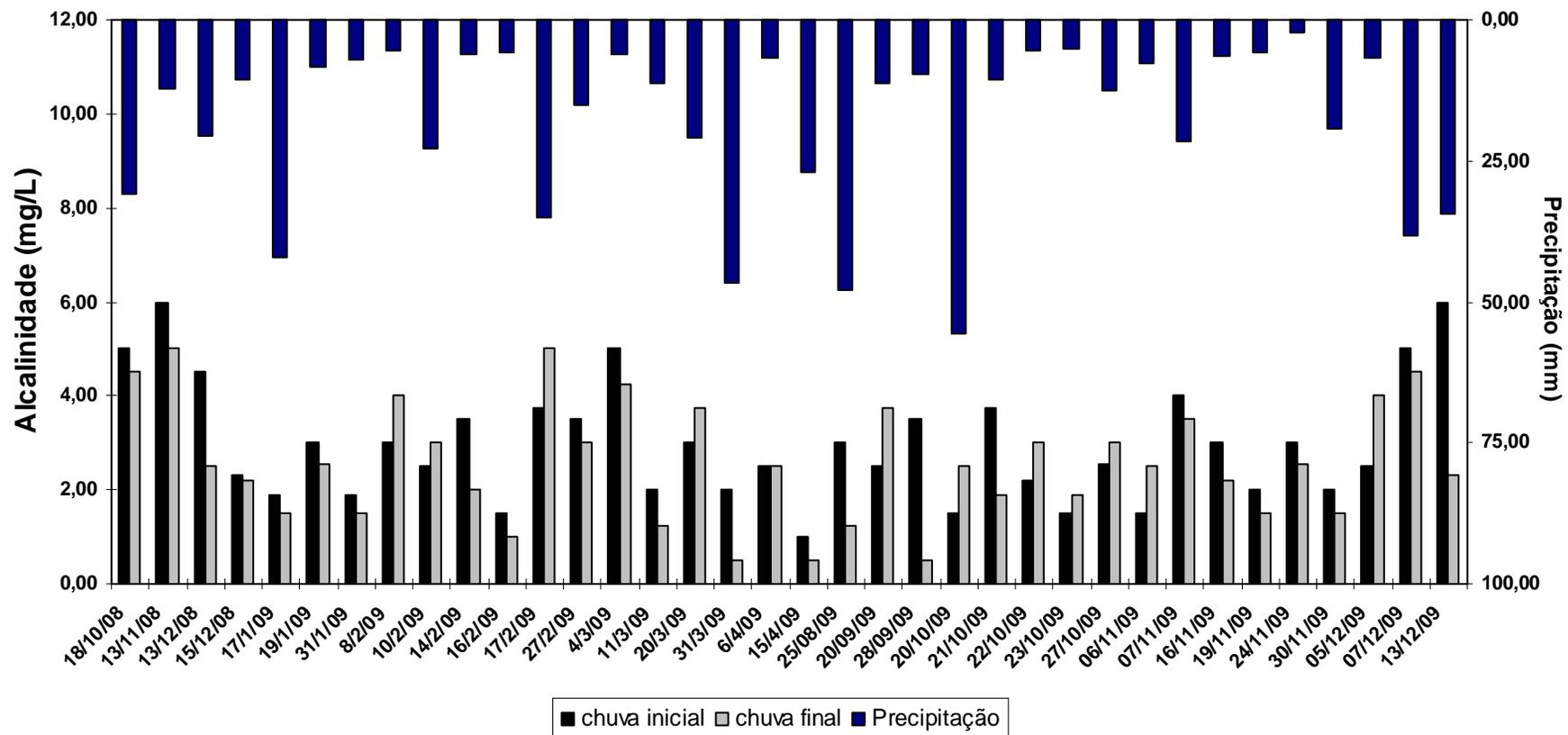


Figura 44: Variação da Alcalinidade em função da distinção entre chuva inicial e chuva final

Como a condutividade elétrica da água indica a capacidade em conduzir corrente elétrica, esta é diretamente proporcional a presença de íons dissolvidos na água (tais como cálcio, magnésio, potássio, cloretos, entre outros), assim com os dados de condutividade elétrica é possível estimar também o teor de sais presentes na água de chuva.

Como visto na Figura 43 existem alguns picos de condutividade elétrica durante os meses de outubro e novembro. Pode-se supor a relação desses íons dissolvidos na água com a composição do material particulado na atmosfera, composto por resíduos dos processos de queima de biomassa.

Quando comparadas as médias apresentadas para chuva final e inicial para os parâmetros analisados, pode ser evidenciado o grau de contaminação que possui a chuva inicial. Portanto é de suma importância o conhecimento das características qualitativas das precipitações, para que se possa proceder com segurança na adoção de um sistema de tratamento adequado, bem como de uma quantidade a ser descartada das precipitações (*first flush*) a serem armazenadas para seus respectivos usos nas edificações.

5.2.3 Parâmetros microbiológicos

Nas análises de precipitação realizadas, foi detectada a presença de coliformes totais em aproximadamente 71% das amostras analisadas. Para *Escherichia coli* a presença foi bem inferior com um valor aproximado de 23% das amostras, conforme pode ser observado nas Figuras 45 e 46.

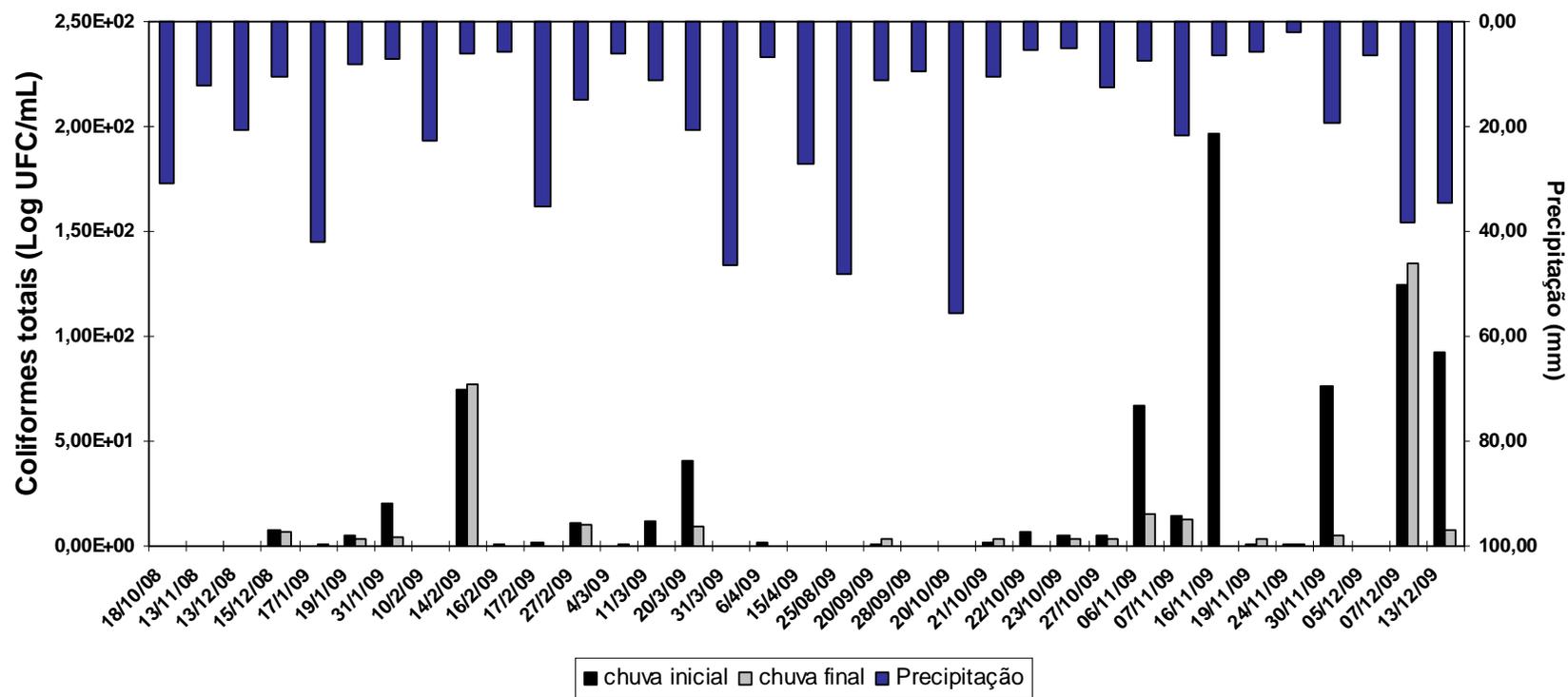


Figura 45: Densidade de coliformes totais nas amostras de precipitação

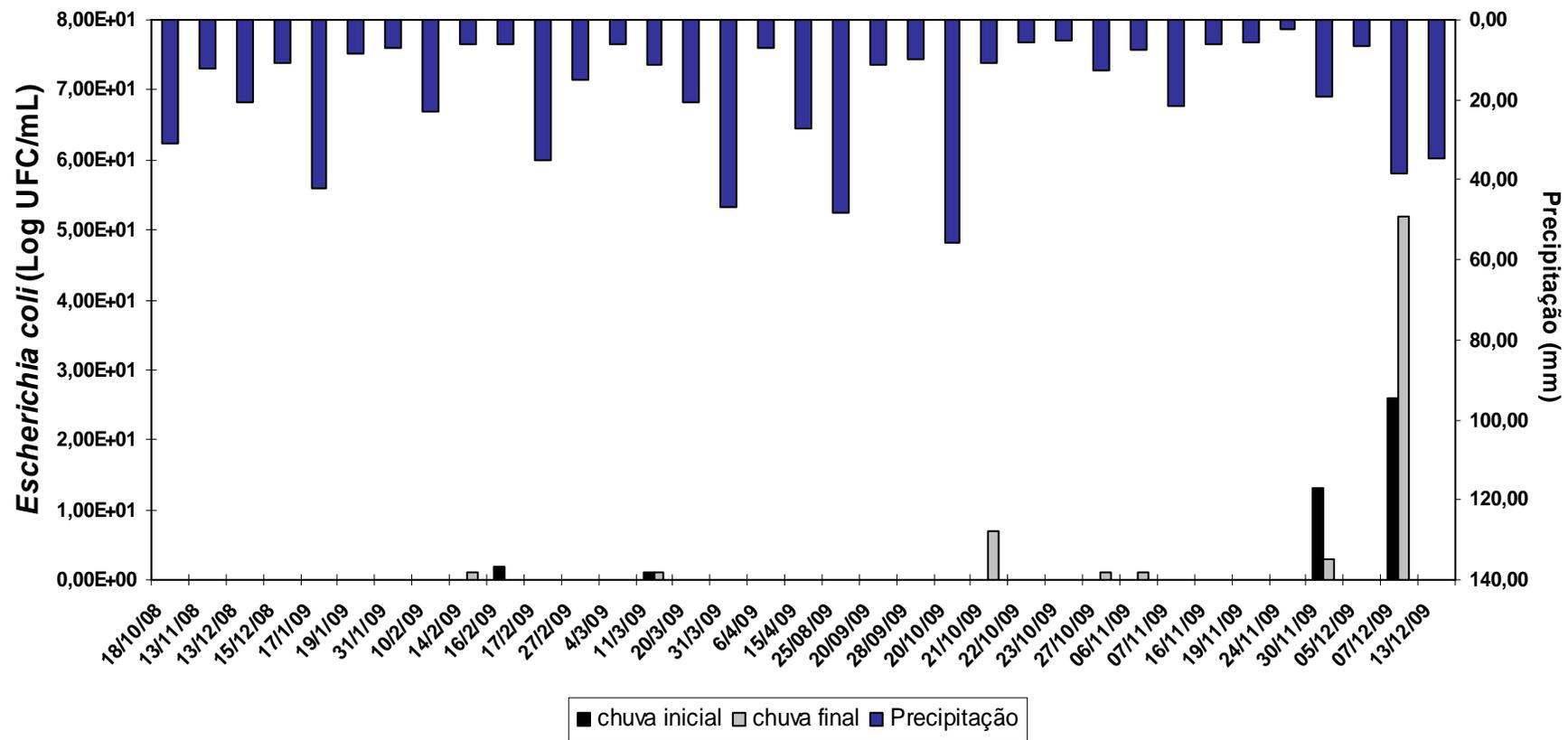


Figura 46: Densidade de *E.coli* nas amostras de precipitação.

Em pesquisas realizadas por MAY (2004), GONÇALVES (2006), JAQUES (2005) e CIPRIANO (2004) em suas respectivas localidades São Paulo, Vitória, Florianópolis e Blumenau, foram encontradas aproximadamente a mesma ordem de grandeza de valores de contaminação microbiológica da água de chuva por bactérias do grupo coliforme. No entanto JAQUES (2005) cita valores médios de $1,37E+03$ Log UFC/mL para coliformes totais, valor bem superior aos encontrados nesta pesquisa realizada em Cuiabá. Para a determinação de *Escherichia coli* o valor médio foi de $6,67E+00$ Log UFC/mL, superior ao encontrado em Cuiabá.

As precipitações diretas coletadas apresentaram em termos gerais, uma pequena quantidade de coliformes totais provenientes da própria atmosfera e também de alguma contaminação da área de entorno em que a amostra foi coletada. Mesmo a coleta sendo feita em local aberto e sem sofrer intercepções, tem-se a ação da resuspensão de material particulado sedimentado no local, da vegetação existente nas proximidades, não podendo deixar de ser citada a ação dos ventos, onde estes têm a função de disseminar o material particulado por uma extensa área.

Para algumas amostras a quantidade apresentada pode ser considerada elevada, com valores variando de $1,00E+02$ a $2,00E+02$. Em oito das amostragens analisadas foram detectadas bactérias com características típicas de *Escherichia coli* em meio Chromocult Agar (Figura 46). A presença dessa bactéria a indicação de contaminação da água por fezes de animais de sangue quente.

Essa contaminação ocorre através da ressuspensão do material sedimentado no local, ou mesmo de material particulado (atuando como núcleo de movimentação de microorganismos) que contenham resíduos de fezes animais. Estas bactérias foram isoladas para futuras identificações através de sequenciamento gênico, para que se possa realizar a identificação da *Escherichia coli* encontrada.

Foi observada uma tendência de redução na concentração de coliformes totais em praticamente todas as amostras (Figura 45) e também o acréscimo de outras enterobactérias notadamente nas amostras analisadas em março/abril e também a partir de outubro (Figura 47) quando analisados os dois momentos distintos do evento de precipitação.

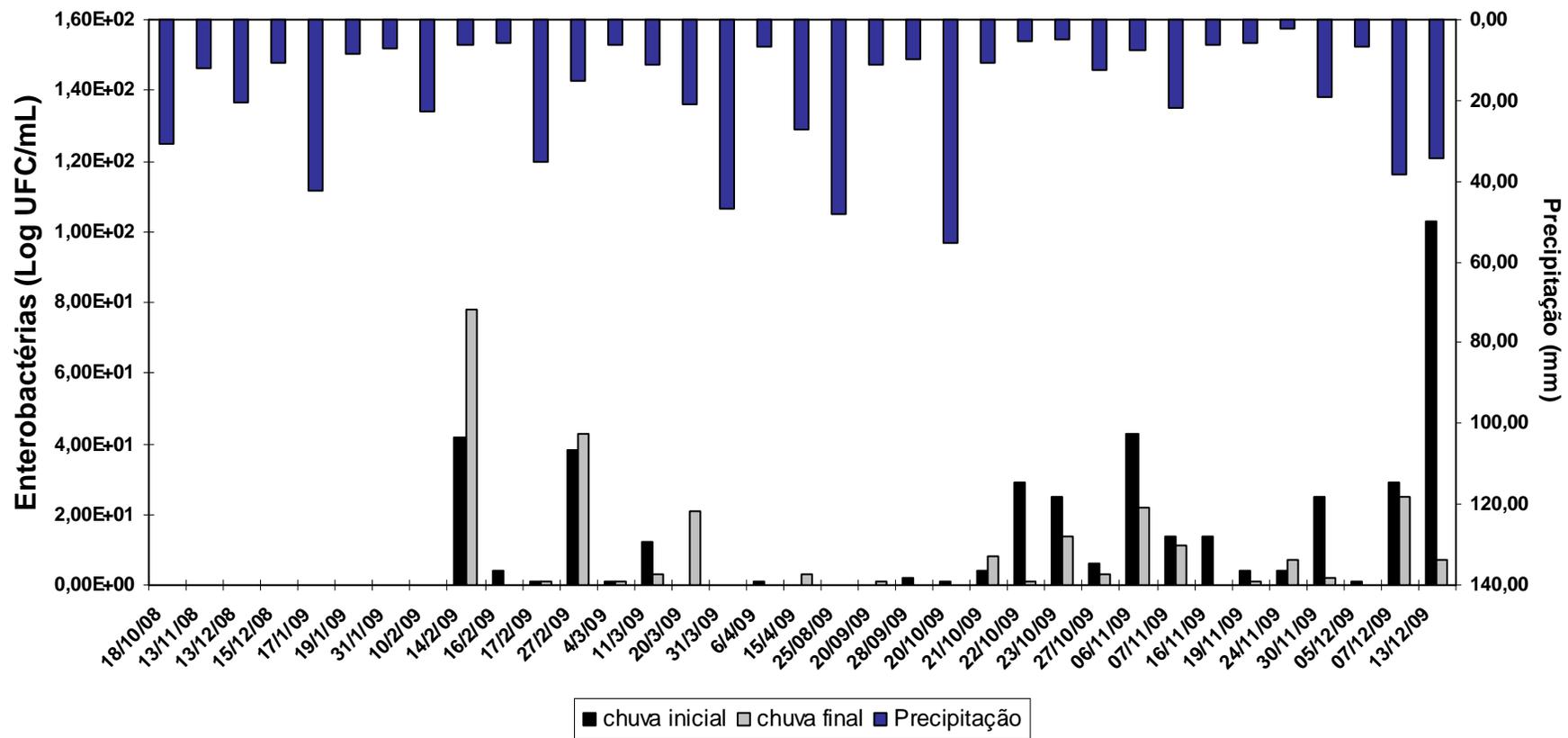


Figura 47: Densidade de outras Enterobactérias nas amostras de precipitação.

BRASIL (2007) apresenta as normas referentes ao aproveitamento da água de chuva e recomendações para usos não potáveis. A água não deve apresentar coliformes totais e *Escherichia coli*, e a norma recomenda a cloração da água para uso final. Como percebido nos resultados anteriores a água direta da chuva apresenta uma contaminação por coliformes provenientes do próprio ambiente. Após passar por coberturas a tendência dessa contaminação é aumentar (devido ao aumento de agente intervenientes sobre a qualidade da água, como: material particulado, fuligem, fezes de animais, entre outros). Assim fica evidente a necessidade de um tratamento mesmo que simplificado (sedimentação com posterior cloração) para garantir a qualidade microbiológica da água de chuva, mesmo em caso de usos não potáveis.

A determinação da densidade de bactérias heterotróficas capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriado, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas (BRASIL, 2004), foi quantificada e os resultados apontaram em média $2,0\text{E}+02$ UFC/mL de bactérias heterotróficas. O resultado máximo obtido foi $3,28\text{E}+02$ UFC/mL (Figura 48).

Devido à inexistência de uma portaria para regulamentar a quantidade limite (máximo tolerável) de bactérias em águas oriundas de precipitação, não há como avaliar se a densidade encontrada é considerada elevada. Se realizada uma comparação com a Portaria 518/2004, as amostras se encontram inseridas abaixo do valor máximo limite recomendável pela portaria (500UFC/mL).

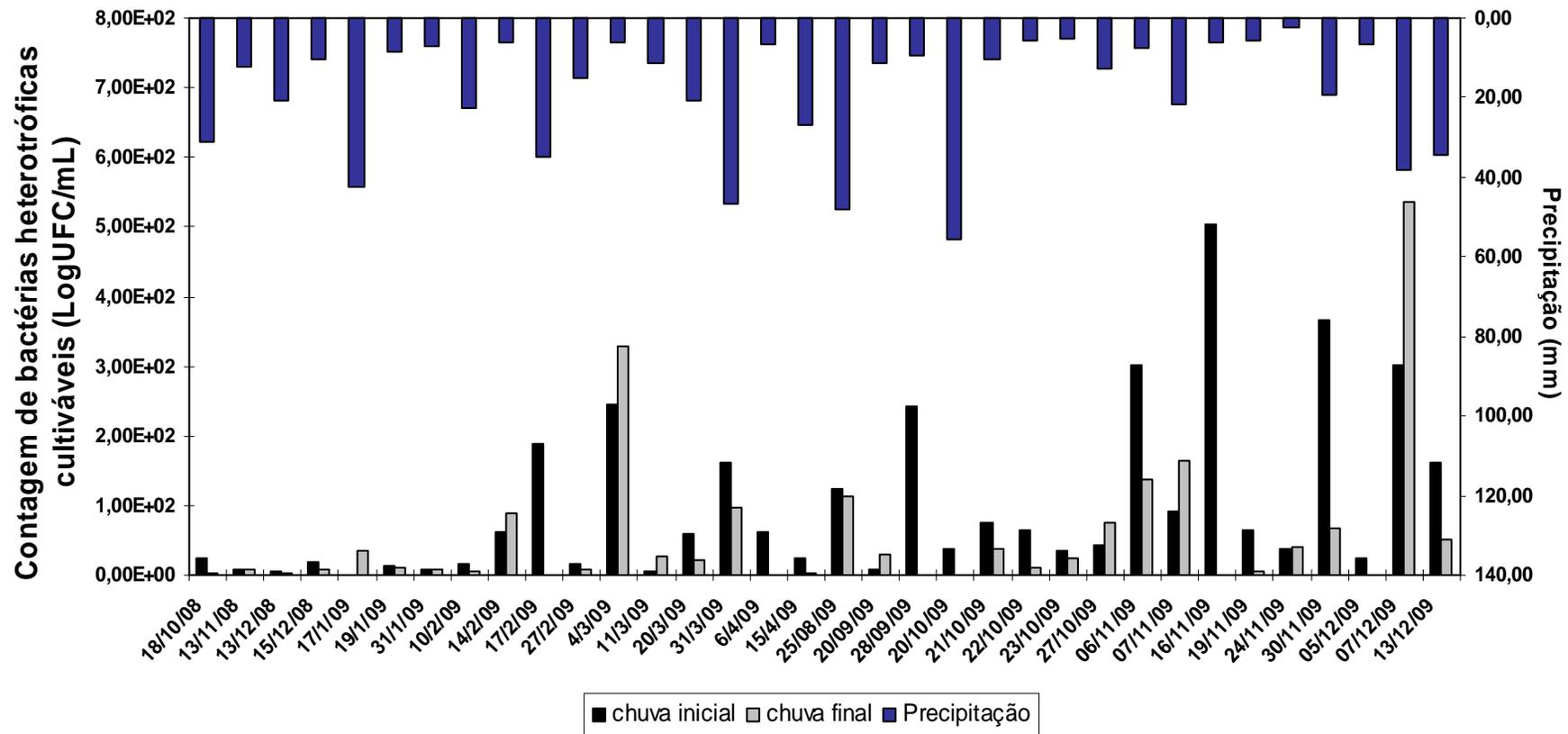


Figura 48: Contagem de bactérias heterotróficas cultiváveis nas amostras de precipitação.

A identificação de 92 estirpes bacterianas isoladas a partir da contagem de bactérias heterotróficas cultiváveis isoladas do mês de março de 2009 e coradas pelo método de Gram revelou uma maior ocorrência de formas bacilares, sendo 41 bacilos Gram negativos (44,6%); 25 na forma de bacilos Gram positivos (27,1%) sendo 68% desses de formas esporuladas, 20 ocorrências de formas cocóides sendo 18 de Gram positivos (19,6%) e 2 (2,2%) de Gram negativos e 6 de formas típicas de Actinomicetos (6,5%).

Na Figura 49 pode ser visualizada um distribuição das estirpes bacterianas isoladas, diferenciadas pelo seu formato (bacilos, cocos), bem como na sua resposta ao teste de Gram.

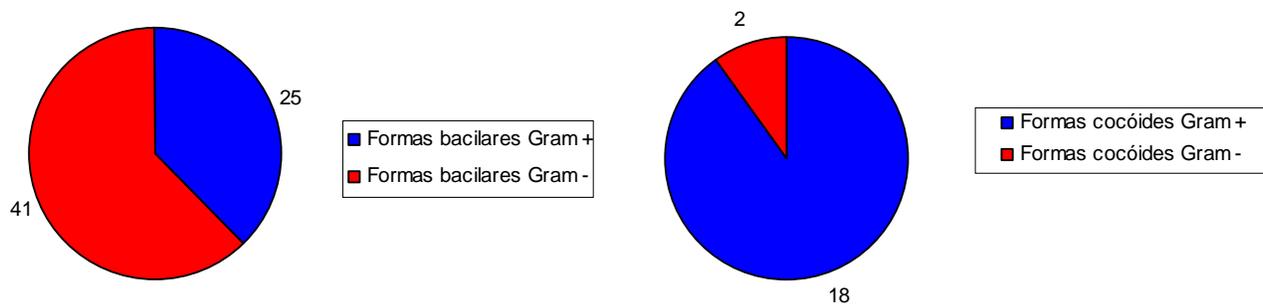


Figura 49: Estirpes bacterianas isoladas a partir da contagem de bactérias cultiváveis.

Os fungos crescem como células únicas (leveduras), ou como colônias filamentosas multicelulares, (bolores) e estão presentes nos mais variados habitats, sendo encontrados em vegetais, animais, homem, detritos, água, ar, tecidos parasitados, rocha, papelão, em slides, paredes, sapatos, roupas, em abundância no solo. Podem ser encontrado em água (doce e salgada), gelo dos pólos e em todo e qualquer resto de matéria orgânica em decomposição e, são participantes ativos do ciclo dos elementos na natureza. Suas disseminações são feitas por animais, homem, insetos, água, pelo ar atmosférico e pelos ventos, porém a maioria de maneira terrestre (SILVEIRA, 1995; PUTZKE & PUTZKE, 1998).

As maiores densidades microbianas foram observadas nas análises fúngicas. Registra-se que foram obtidos os valores mínimo e máximo de 1,00E+01 (UFC/mL) e de 2,77E+02 (UFC/mL) respectivamente. Não foi observada homogeneidade entre os dois momentos distintos do evento de precipitação (inicial e final) como pode ser visualizado na Figura 50.

O isolamento das colônias fúngicas com obtenção de culturas puras e microcultivo para identificação dos gêneros predominantes na composição da precipitação de Cuiabá revelam uma grande densidade e diversidade morfológica colonial fúngica presentes na água

direta da chuva. Foram detectados entre os 198 isolados fúngicos das coletas de água da chuva do mês de março de 2009 em média 13 diferentes gêneros com maior ocorrência dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Mucor*.

A densidade apresentada reflete as condições da atmosfera local, devido aos fungos encontrados ser proveniente da mesma, sendo confirmada através das características microscópicas a ocorrência de *Aspergillus fumigatus*; *A. flavus*; *A. oryzae*; *A. terreus*; *A. flavipes*; *A. glaucus*; *A. ustus*; *Aspergillus* sp. ; *Mucor* sp., *Fusarium* sp.; *Rhizopus* sp. *Penicillium* sp.

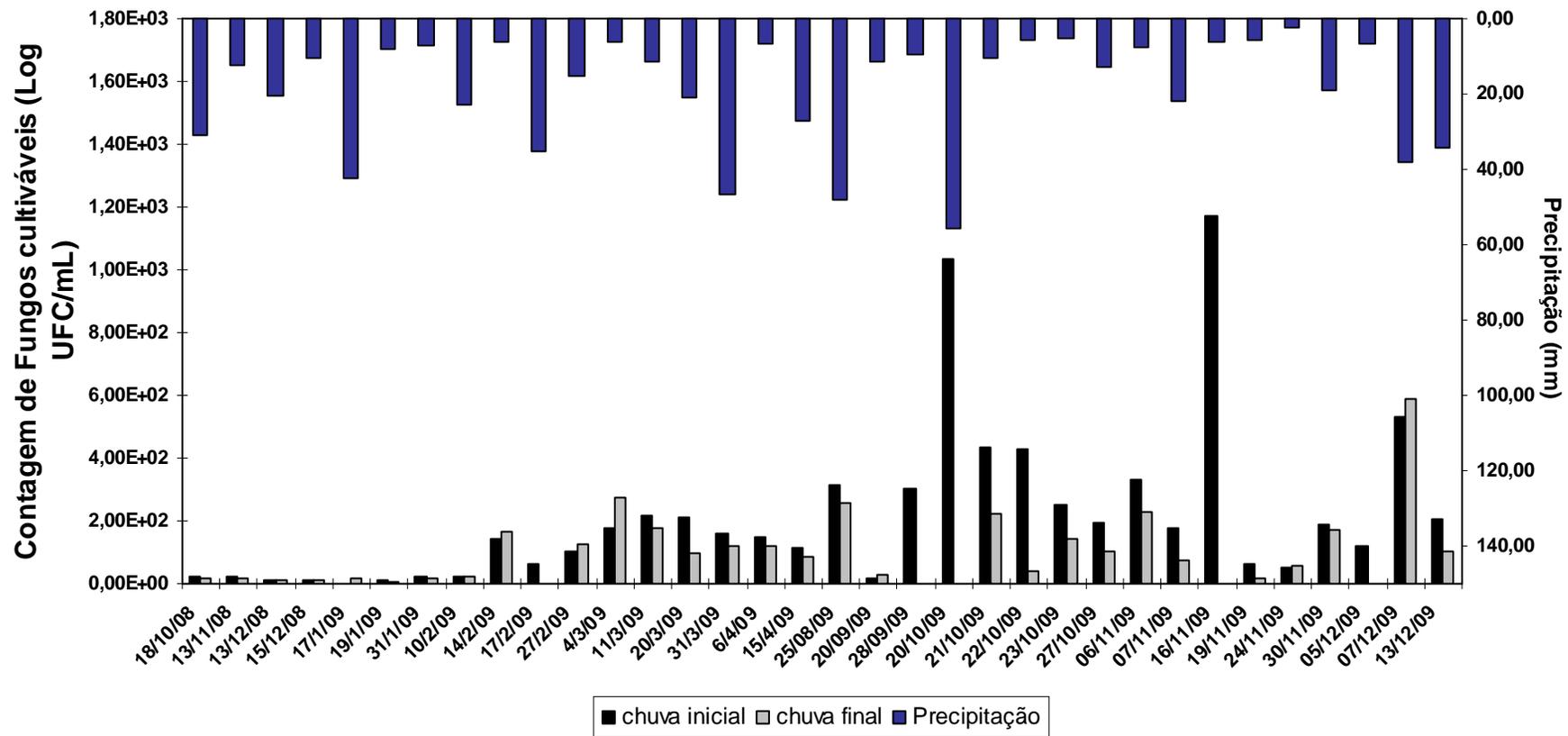


Figura 50: Contagem de fungos cultiváveis nas amostras de precipitação.

Conforme mencionado, uma chuva de maior intensidade pode gerar uma densidade microbiana diferente de uma outra com menor intensidade, ou uma diferenciação na duração da precipitação em decorrência dos inúmeros fatores abióticos relacionáveis. Também deve ser levado em consideração o efeito das características atmosféricas quando da ausência mais prolongada de fenômenos de precipitação, situação em que a primeira chuva vai possuir densidade microbiana maior que as demais precipitações subseqüentes.

Outro fator a ser levado em consideração, que pode justificar os resultados obtidos, diz respeito às características dos locais de coleta, devido à ausência de periodicidade dos eventos de precipitação, as coletas são realizadas em três ambientes distintos, onde em determinados locais há presença de vegetação e em outro não. Possivelmente as maiores densidades encontradas provavelmente advém de locais com maior interferência na coleta por meio de vegetação, e outros fatores (circulação de pessoas, veículos, etc).

Quando analisada a diferenciação dos locais de coleta, pode-se verificar a influência destes sobre os resultados. Nas primeiras amostras analisadas, a maioria das coletas foi realizada em apenas um local. No período correspondente aos meses de março e abril/2009, devido a grande quantidade de eventos de precipitação e conseqüentemente de amostras, foram coletadas em três locais distintos. Salienta-se que principalmente nas datas citadas pode-se perceber a variabilidade nos valores descritos, bem como a existência de picos nas densidades microbianas.

5.3 Análises estatísticas

Para realização das análises estatísticas foram utilizados o *softwares* EXCEL da *Microsoft*, e STATISTIC da *StatSoft*.

A Tabela 4 representa uma avaliação global da qualidade física e química da água direta da chuva. Tais valores representam a totalidade entre as amostragens realizadas no período de setembro de 2008 a dezembro de 2009. É apresentada a média aritmética, a mediana, o desvio padrão e a faixa de variação dos resultados.

São identificados separadamente os valores obtidos pelas amostras coletadas no início da precipitação (os 5 mm iniciais), bem como após esse intervalo de tempo. Assim pode-se perceber a influência temporal na qualidade da água de chuva.

Tabela 4 – Avaliação global dos parâmetros analisados

PARÂMETROS	UNIDADES	CHUVA INICIAL				CHUVA FINAL			
		Faixa de variação	Média aritmética	Mediana	Desvio padrão	Faixa de variação	Média aritmética	Mediana	Desvio padrão
pH	-----	5,23 – 7,55	6,79	6,97	0,53	5,76 – 7,45	6,82	6,94	0,50
Cor	mg PtCo/L	4,00 – 55,00	16,19	14,00	10,88	3,00 – 41,00	10,89	8,00	9,30
Turbidez	UT	1,00 – 28,00	7,22	6,00	5,16	1,00 – 24,00	4,94	4,00	4,24
Alcalinidade	mg/L	1,25 – 6,00	2,98	2,78	1,27	0,50 – 5,00	2,58	2,50	1,26
Condutividade	µS/cm	2,636 – 46,56	10,19	8,26	6,75	2,64 – 38,45	7,12	6,97	3,39
DBO	mg/L	0,80 – 3,61	1,53	1,55	0,45	0,50 – 2,65	1,35	1,30	0,49
ST	mg/L	13,00 – 156,00	60,32	50,00	34,48	6,00 – 84,00	38,29	32,50	21,40
STF	mg/L	8,00 – 90,00	32,79	30,00	19,78	3,00 – 56,00	23,35	22,00	14,03
STV	mg/L	3,00 – 85,00	27,53	21,00	22,24	3,00 – 46,00	14,94	10,00	12,11
SST	mg/L	4,00 – 30,00	13,74	10,00	8,49	1,00 – 15,00	6,97	7,00	3,72
SSF	mg/L	2,00 – 18,00	6,74	4,00	4,94	1,00 – 10,00	3,24	2,50	1,99
SSV	mg/L	1,00 – 26,00	7,00	5,00	6,22	1,00 – 13,00	3,74	3,00	2,83
Coliformes totais	UFC/mL	0,00E+00 – 1,97E+02	2,26E+01	2,00E+00	44,07419	0,00E+00 – 1,35E+02	9,81E+01	3,00E+00	27,05478
Escherichia coli	UFC/mL	0,00E+00 – 2,60E+01	1,20E+00	0,00E+00	4,8495	0,00E+00 – 5,20E+01	2,13E+00	0,00E+00	9,355006
Outras Enterobactérias	UFC/mL	0,00E+00 – 1,03E+02	1,15E+01	1,00E+00	20,7242	0,00E+00 – 7,80E+01	8,13E+00	1,00E+00	16,278292
Contagem total de bactérias	UFC/mL	5,00E+00 – 3,68E+02	1,03E+02	5,90E+01	122,9231	3,00E+00 – 5,36E+02	6,94E+01	2,77E+01	114,7952
Contagem total de fungos	UFC/mL	1,00E+01 – 1,17E+03	2,21E+02	1,60E+02	264,7287	1,00E+01 – 5,87E+02	1,14E+02	9,70E+01	121,7429

Como a qualidade da água de chuva sofre grande influência do meio ambiente em todo o processo de coleta (desde sua passagem pela atmosfera, carreando o material particulado presente, as próprias partículas do solo em suspensão na área onde se encontra instalado o coletor, como também a própria superfície de coleta das amostras), é natural que os resultados obtidos possuam uma ampla faixa de variação. Assim muitas vezes o conceito de média aritmética não se adequa de maneira eficaz na apresentação dos dados, sendo preferível trabalhar com o conceito de mediana.

Em alguns casos, por exemplo, quando da determinação de turbidez e sólidos totais (que são diretamente afetados pela presença de material particulado) tais variáveis possuíram elevados teores na água de chuva para algumas coletas, enquanto em outros eventos amostrados, essa situação não se repetiu. Assim é preferível dizer que a partir de um dado valor central o comportamento dos resultados foi superior ou inferior a esse determinado valor (no caso o valor obtido pela mediana).

Com intuito de avaliar a relação entre as amostras inicial e final da precipitação, bem como o decaimento temporal nos valores encontrados, foram elaborados gráficos que expressam a relação entre a variável na chuva inicial e na chuva final para os parâmetros avaliados durante esta pesquisa.

Como pode ser visualizada na apresentação pontual dos resultados obtidos, uma característica inerente às análises de qualidade da água de chuva é a variabilidade dos resultados, porém para alguns parâmetros pode ser assumida como significativa uma relação de decaimento entre os resultados apresentados pela amostra final da chuva em relação à amostra inicial.

Os parâmetros que apresentaram correlação foram a Cor e a Turbidez, como pode ser visualizado nas Figuras 51 e 52.

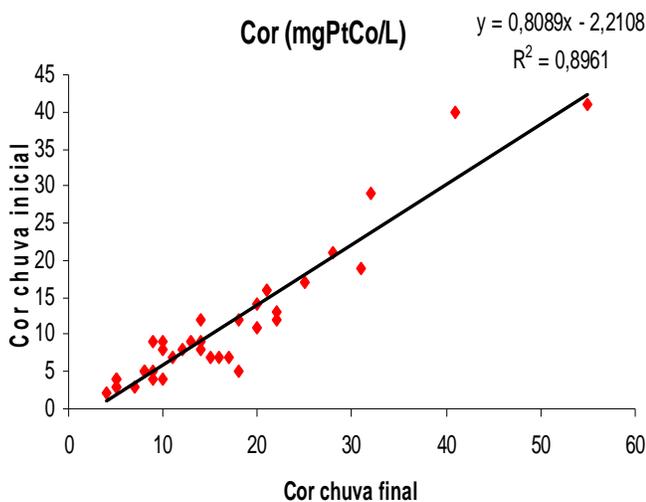


Figura 51: Curva de tendência de decaimento para a Cor

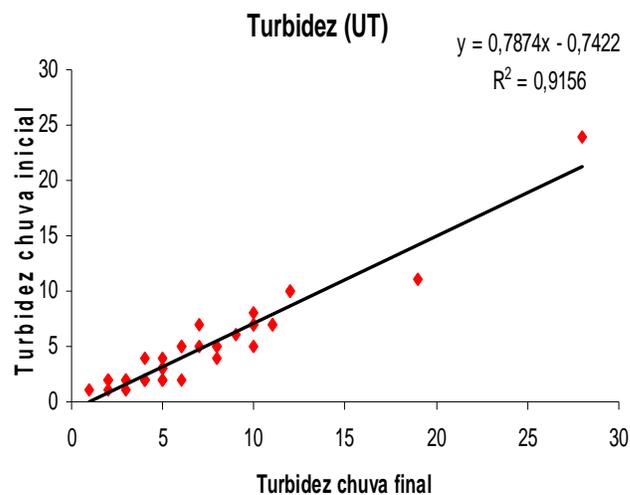


Figura 52: Curva de tendência de decaimento para a Turbidez

Como a Cor e a Turbidez são variáveis físicas fortemente influenciadas pelas características atmosféricas no momento da coleta, pode-se observar uma relação linear entre os valores da chuva inicial e final, através da lavagem que a precipitação realiza sobre a atmosfera.

Para as demais variáveis físicas essa correlação não foi muito bem estabelecida. Para os parâmetros químicos, não pode ser evidenciada uma relação direta entre o decaimento dos valores nas amostras finais da chuva. Um exemplo é a análise do pH. Esta variável possui uma faixa de variação pequena (6,5 a 7,5) como visto no histograma (Figura 41). O decaimento dos valores foi observado, e não se pode estabelecer uma correlação linear relevante, como visto na Figura 53.

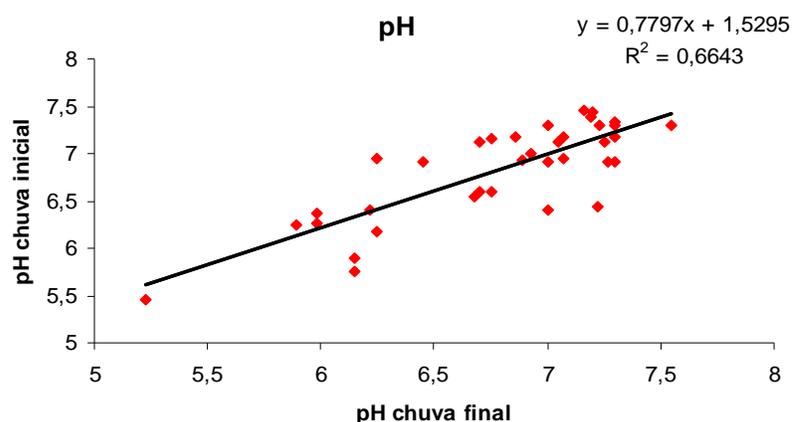


Figura 53: Curva de tendência de decaimento para o pH

Foram elaborados gráficos do tipo *Box plots* que apresentam os valores da mediana, valores máximo e mínimo, o 1º e o 3º quartis, e alguns valores discrepantes do universo de dados apresentados. Os gráficos foram elaborados mantendo a distinção feita entre as amostras inicial e final da precipitação e levando-se em consideração a temporalidade das amostragens efetuadas. Foram considerados dois períodos chuvosos avaliados. Entre setembro de 2008 e abril de 2009 (2008-2009) e entre agosto e dezembro de 2009 (2009).

A seguir alguns gráficos serão apresentados.

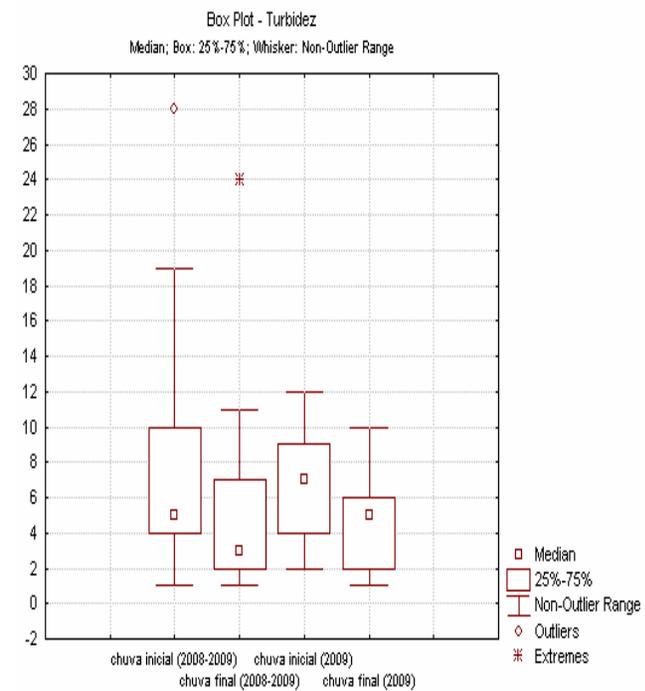
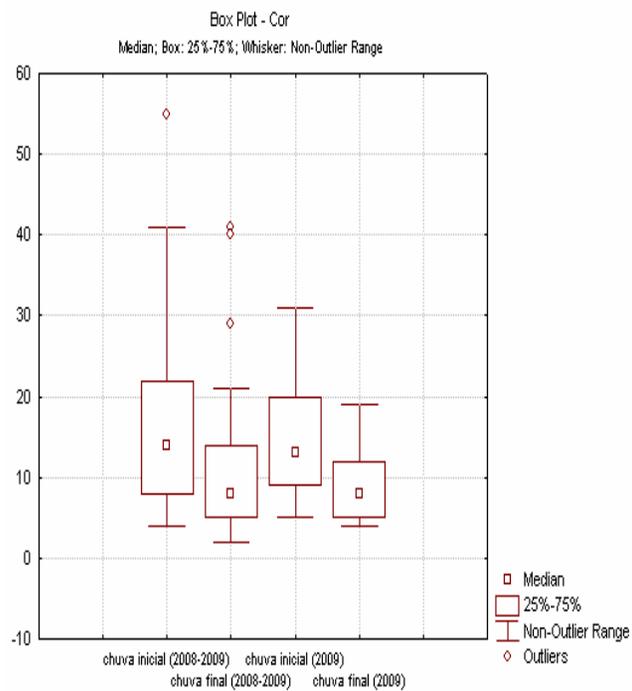
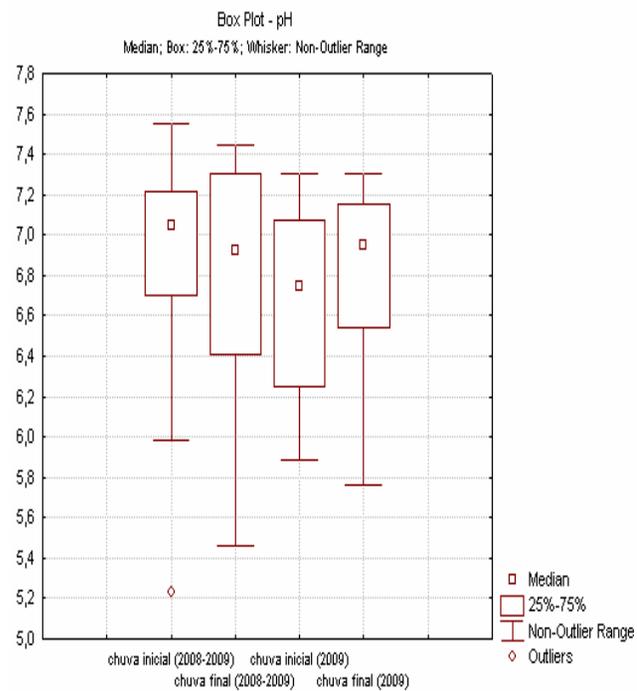


Figura 54: Box plots para as variáveis: pH, Cor e Turbidez

Através da análise do *Box plot* gerado para a variável pH, pode-se notar a faixa de variação média dos valores constantes para ambos os períodos analisados (entre 6,0 e 7,5). É percebido também que o valor das medianas são bem próximos durante o período amostral, sendo percebido apenas um *outlier* que corresponde ao valor de 5,2.

Para a Cor e a Turbidez é notada uma diferenciação pronunciada tanto entre as amostras final e inicial da chuva, quanto entre os períodos amostrais. O ano de 2008 foi considerado como um ano de pluviosidade abaixo da média histórica, e também com a maior parcela da chuva ocorrendo tardiamente (no final do ano e principalmente no início do ano de 2009). Nesse mesmo ano, segundo dados do monitoramento de qualidade do ar realizado pela SES/MT e pela SEMA/MT, entre os meses de setembro a novembro foram observados os piores níveis de qualidade do ar, devido à conjunção de uma atmosfera com baixa umidade e a queima de biomassa lançando uma grande quantidade de material particulado e outros poluentes na atmosfera.

O ano de 2009 foi considerado como de pluviosidade acima da média histórica, não havendo um período de estiagem no estado. Também foi verificada uma menor quantidade de dias com baixa qualidade do ar.

Analisado os gráficos da Figura 54 é percebido que para a chuva inicial pode ser notada uma redução em torno de 20% (para todos os parâmetros) dos valores apresentados durante o período de 2008-2009 quando em comparação ao final do ano de 2009. Outro fato visto é ausência de *outliers* no “segundo período amostral” analisado. A existência desses pontos deve-se a casos particulares como ausência de precipitações por vários dias consecutivos ou eventos significativos de queimadas.

Tal fato também pode ser visto em outras variáveis analisadas como as frações de sólidos, conforme a Figura 55, em que também é percebida (mesmo que em menor escala) a redução entre os períodos amostrais analisados, principalmente para a chuva inicial (na determinação de Sólidos Totais), assim como a existência de pontos discrepantes nas amostras de chuva inicial.

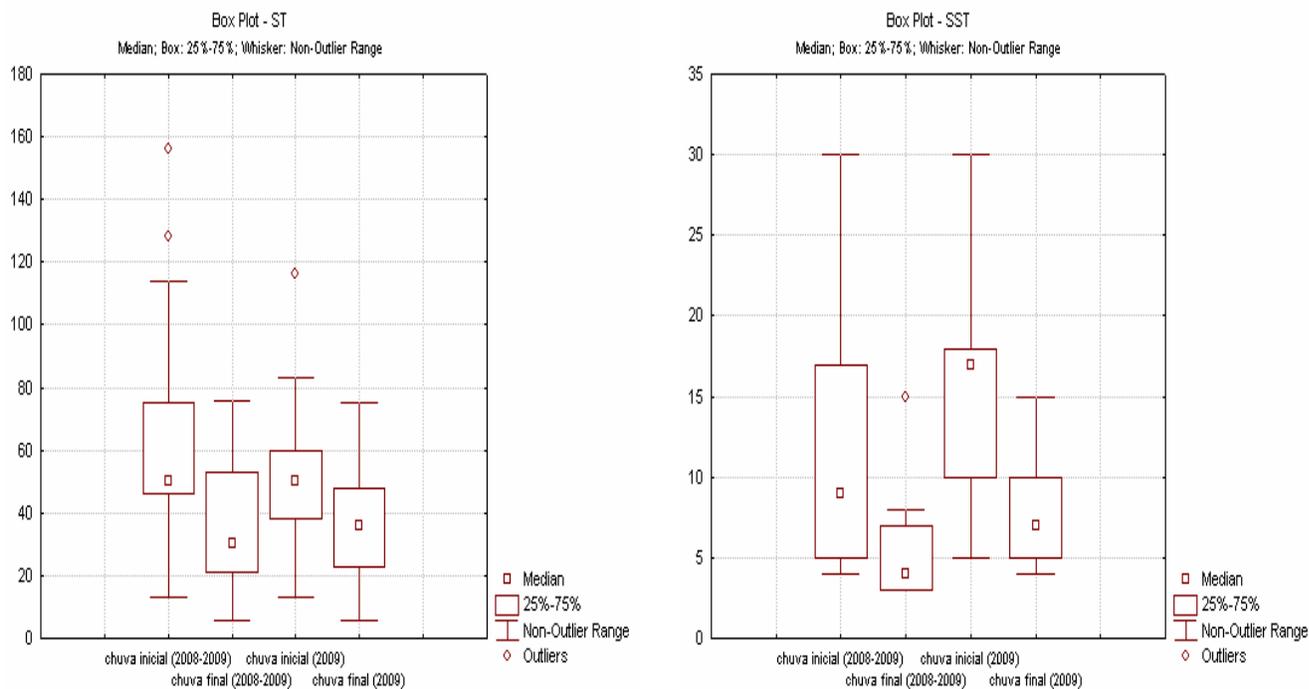


Figura 55: Box plot para as variáveis: Sólidos Totais e Sólidos em Suspensão Totais

Para as variáveis microbiológicas também foram elaborados esses gráficos, são apresentadas a contagem de bactérias e fungos cultiváveis na Figura 56.

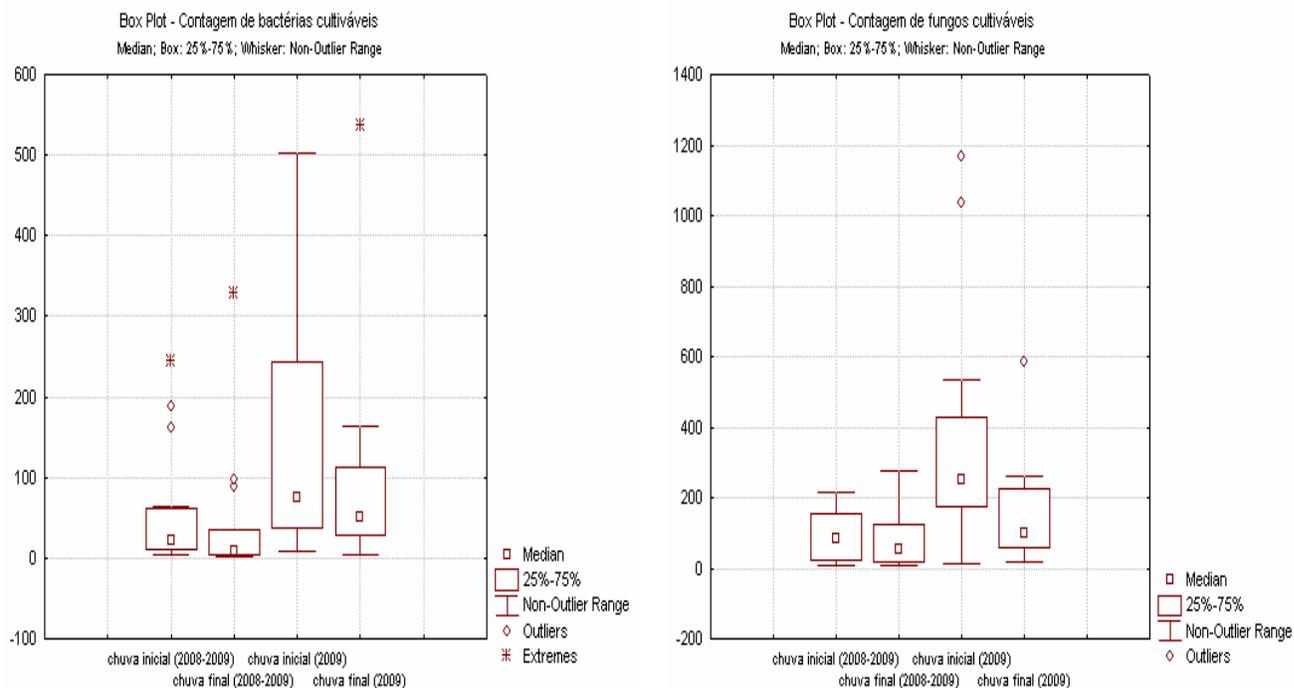


Figura 56: Box plots para as variáveis: Contagem de bactérias e fungos cultiváveis

Para as variáveis microbiológicas deve ser realizada uma análise mais detalhada, pois estas sofrem uma influência antrópica muito grande, desde as condições atmosféricas locais, as condições de vegetação, trânsito de pessoas e veículos pelo local de coleta, as próprias condições em que são realizadas as coletas, bem como as análises laboratoriais.

Dessa maneira não é correto tentar explorar alguma relação temporal entre os períodos de amostragem, porém percebe-se a tendência de decaimento entre a chuva inicial a chuva final, e a existência de vários *outliers* que podem ser explicados por razões supracitadas.

Tendo como base os dados obtidos durante este trabalho, foram construídos intervalos de confiança de 95% para os parâmetros, de tal maneira, que baseado em dados amostrais, é fornecido um intervalo de valores possíveis para o parâmetro analisado, com objetivo de prever o comportamento de resultados obtidos na análise de dados qualitativos de água de chuva na cidade de Cuiabá.

Podem ser criados intervalos de confiança de 90%, 99%, porém o mais comum é de 95%, e foi utilizado nesse trabalho. Esse intervalo de confiança de 95% para um parâmetro populacional fornece o intervalo no qual, com caráter preditivo, 95% das amostras estariam inseridas neste intervalo.

Na tabela 5 são indicados os Intervalos de Confiança de 95% que foram estabelecidos para os parâmetros, nas seguintes situações: para todo o período amostral, para o período entre setembro de 2008 e abril de 2009, e entre agosto e dezembro de 2009.

Tabela 5 – Intervalos de confiança de 95% para vários períodos amostrais

<i>Período amostral completo</i>	<i>2008 – 2009</i>	<i>2009</i>
pH n:36 Chuva inicial: 6,61 – 6,95 Chuva final: 6,66 – 6,98	pH n:19 Chuva inicial: 6,59 – 7,11 Chuva final: 6,54 – 7,06	pH n:17 Chuva inicial: 6,49 – 6,71 Chuva final: 6,65 – 7,05
Alcalinidade n:36 Chuva inicial: 2,56 – 3,39 Chuva final: 2,17 – 2,99	Alcalinidade n:19 Chuva inicial: 2,44 – 3,64 Chuva final: 2,01 – 3,31	Alcalinidade n:17 Chuva inicial: 2,32 – 3,50 Chuva final: 1,99 – 2,99
Condutividade n:36 Chuva inicial: 7,69 – 12,69 Chuva final: 5,86 – 8,38	Condutividade n:11 Chuva inicial: 4,67 – 13,09 Chuva final: 5,59 – 8,53	Condutividade n:17 Chuva inicial: 7,91 – 14,15 Chuva final: 5,28 – 9,02
DBO n:36 Chuva inicial: 1,38 – 1,68 Chuva final: 1,19 – 1,51	DBO n:19 Chuva inicial: 1,20 – 1,66 Chuva final: 1,20 – 1,64	DBO n:17 Chuva inicial: 1,39 – 1,83 Chuva final: 1,04 - 1,50
Cor n:36 Chuva inicial: 12,64 – 19,74 Chuva final: 7,85 – 13,93	Cor n:19 Chuva inicial: 11,62 – 23,64 Chuva final: 7,24 – 17,92	Cor n:17 Chuva inicial: 11,13 – 18,05 Chuva final: 6,69 – 11,31
Turbidez n:36 Chuva inicial: 5,53 – 8,91 Chuva final: 3,55 – 6,83	Turbidez n:19 Chuva inicial: 4,68 – 10,58 Chuva final: 2,87 – 7,77	Turbidez n:17 Chuva inicial: 5,31 – 8,21 Chuva final: 3,39 – 5,67
ST n: 34 Chuva inicial: 48,07 – 69,35 Chuva final: 30,03 – 43,45	ST n:17 Chuva inicial: 47,12 – 83,00 Chuva final: 26,62 – 47,02	ST n:17 Chuva inicial: 41,14 – 63,56 Chuva final: 27,61 – 45,69
STF n:34 Chuva inicial: 26,46 – 37,96 Chuva final: 17,94 – 27,06	STF n:17 Chuva inicial: 26,48 – 44,34 Chuva final: 16,29 – 29,71	STF n:17 Chuva inicial: 21,82 – 36,18 Chuva final: 15,62 – 28,38
STV n:34 Chuva inicial: 18,00 – 35,00 Chuva final: 10,31 – 18,17	STV n:17 Chuva inicial: 17,08 – 42,22 Chuva final: 7,99 – 19,45	STV n:17 Chuva inicial: 11,73 – 34,97 Chuva final: 9,00 – 20,30
SST n:34 Chuva inicial: 10,53 – 15,77 Chuva final: 5,77 – 8,29	SST n:17 Chuva inicial: 7,50 – 15,20 Chuva final: 4,01 – 7,63	SST n:17 Chuva inicial: 11,51 – 18,37 Chuva final: 6,55 – 9,81
SSF n:34 Chuva inicial: 5,30 – 8,58 Chuva final: 7,91 – 9,25	SSF n:17 Chuva inicial: 3,57 – 8,67 Chuva final: 1,93 – 4,07	SSF n:17 Chuva inicial: 5,69 – 9,83 Chuva final: 2,66 – 4,28
SSV n:34 Chuva inicial: 4,56 – 7,86 Chuva final: 3,99 – 6,07	SSV n:17 Chuva inicial: 3,32 – 7,14 Chuva final: 3,83 – 6,87	SSV n:17 Chuva inicial: 4,49 – 9,87 Chuva final: 3,26 – 6,16

n: número amostral

Como os dois períodos amostrais analisados apresentaram diferenças entre si, como pode ser visualizado nos gráficos de *Box plot* foram construídos os intervalos de confiança para ambas situações, sendo a ordem de grandeza similar para ambas situações.

Para o pH tanto as amostras de chuva inicial quanto de chuva final, os intervalos de confiança encontram-se inseridos nos limites propostos por todas as legislações (pH variando de 6,0 a 9,0). A DBO também se encontra nessa mesma situação, o limite proposto pelo Manual ANA/FIESP/SindusCon (máximo 10 mg/L).

A Cor, nas amostras iniciais, apresentou um limite de confiança superior de 19,74 mgPtCo/L, valor superior ao limite proposto pela NBR 15.527/2007, denotando assim a necessidade de tratamento caso esta seja utilizada posteriormente. Porém quando analisada as amostras finais, o intervalo de confiança encontra-se inserido no limite proposto pela NBR. Assim verifica-se a influência do descarte dos primeiros milímetros sobre a qualidade da água, de tal maneira que em várias literaturas é recomendado o descarte dos milímetros iniciais da chuva, de modo a simplificar as exigências de tratamento para que a água atenda aos limites propostos pela normatização vigente.

Para a Turbidez os valores propostos pela legislação são dissonantes entre si, sendo a ABNT (2007) e o Manual ANA/FIESP/SindusCon (2005) os mais restritivos (Turbidez inferior a 2,0 ou 5,0 UT). Tanto as amostras inicial e final da chuva não atendem a essa legislação, mostrando assim a necessidade de um tratamento mesmo que simplificado (através de uma sedimentação com posterior filtração) para atendimento à legislação.

Não foram criados intervalos de confiança para os parâmetros microbiológicos, pois perante a legislação vigente para aproveitamento de água de chuva, mesmo que para fins não potáveis, é necessária a ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli* nas amostras, e nas amostras de água direta da chuva, foi detectada a presença desses organismos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho devem servir de subsídio para projetos futuros de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em Cuiabá.

De acordo com os dados pluviométricos de 1989 a 2009 obtidos na estação climatológica situada na UFMT, verifica-se que a cidade de Cuiabá apresenta um valor médio para altura pluviométrica de 1.386,10 mm. Foi evidenciado que durante o período de estudo a distribuição temporal da precipitação ocorreu de maneira diferente.

O ano de 2008 pode ser considerado como um ano típico na distribuição das chuvas, porém com precipitação total abaixo da média (1077,90 mm). Evidencia-se que durante o período de estiagem, nos meses de junho e julho não houve nenhum registro de precipitação. O ano de 2009 foi um ano mais chuvoso que a média histórica anual (1570,80 mm), inclusive este apresentou pequenas precipitações durante os meses de estiagem. Conhecendo a distribuição da precipitação durante o ano, pode-se ter um indicativo da viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento da água de chuva, com base nos meses onde é possível armazenar a maior quantidade de água e também determinar os meses onde o valor do déficit é maior, e assim propor um dimensionamento mais racional possível.

As características físicas, químicas e microbiológicas da água de chuva são fortemente influenciadas pelas características do ambiente no momento da precipitação e também nos momentos anteriores a tais eventos. Os resultados obtidos indicam o efeito de lavagem da água de chuva sobre a atmosfera local, pois a composição da chuva é resultante da composição atmosférica. Com base nos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos analisados e comparados com as recomendações normativas que estabelecem valores aceitáveis de água de chuva para consumo não potável, o estudo demonstrou que:

- Para o parâmetro Cor, nas amostras de chuva inicial, praticamente metade das amostras pontuais (42%) não atende aos limites propostos nas literaturas utilizadas. A média apresentada pela chuva inicial (16,19 mgPtCo/L) se encontra levemente superior ao limite proposto pela NBR 15.527/2007 (15 UH). Para chuva final, observa-se que a maior parte destas amostras (81%) encontra-se inserida nos limites propostos para o uso perante a NBR 15.527/2007.
- Para os valores de Turbidez quando comparados à legislação, as médias encontram-se dentro do limite proposto pela NBR 13.969/1997 (turbidez inferior a 10 UT), porém dentro da faixa de variação observam-se valores que excedem o limite máximo. Para as demais literaturas analisadas, os valores médios da variável turbidez, tanto para a

chuva inicial quanto para a chuva final encontram-se fora dos padrões recomendados, seja para o Manual de Conservação e Reuso da Água (turbidez inferior a 2 UT), quanto a NBR 15.527/2007 (turbidez inferior a 5 UT), com exceção apenas para a média obtida pela chuva final, quando em comparação a NBR 15.527/2007.

- Observou-se em todas as frações de sólidos, o efeito da lavagem da atmosfera. A partir da análise dos valores médios constatou-se uma redução de 36,53% (ST); 28,79% (STF); 45,74% (STV); 49,28% (SST); 51,93% (SSF) e 46,58% (SSV) das amostras da chuva inicial e final.
- Para o pH é visto que a maioria dos resultados encontrou-se inserida na faixa de 6,0 a 7,5 (85% das amostras ficou inserida nessa faixa) evidenciando o pH básico característico do município. Da faixa de variação total obtida (5,23 a 7,55), a maioria das amostras esteve inserida na faixa recomendada pelas literaturas utilizadas para efeito de comparação neste estudo, 6,0 a 9,0.
- Foi detectada a presença de coliformes totais em aproximadamente 71% das amostras analisadas. Para *Escherichia coli* a presença foi bem inferior com um valor aproximado de 23% das amostras. A NBR 15.527/2007 recomenda que a água não deve apresentar coliformes totais e *Escherichia coli*, portanto com base nesses resultados a água deve receber cloração para atingir tais limites.
- Para a densidade média da contagem de bactérias heterotróficas cultiváveis o resultado foi 2,0E+02 UFC/mL e o valor máximo obtido foi 3,28E+02 UFC/mL. Comparando com a Portaria 518/2004, as amostras se encontram inseridas abaixo do valor máximo limite recomendável pela portaria (500UFC/mL).
- As maiores densidades microbianas foram observadas nas análises fúngicas, os valores mínimo e máximo foram 1,00E+01 (UFC/mL) e de 2,77E+02 (UFC/mL). A densidade apresentada reflete as condições da atmosfera local, devido aos fungos encontrados ser proveniente da mesma. Foi confirmada através das características microscópicas a ocorrência dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Mucor*.

Como a maior parte dos parâmetros físicos e químicos apresentou um decréscimo de concentração em função do tempo, e os parâmetros microbiológicos demonstraram a contaminação por bactérias do grupo coliforme. É interessante promover o descarte dos primeiros milímetros da água de chuva a fim de diminuir a concentração de partículas e elementos poluidores, bem como promover o tratamento e posterior cloração da água de chuva para que a mesma possa ser utilizada com segurança.

7. RECOMENDAÇÕES

Para complementar as informações obtidas neste estudo e dar sequência no projeto de monitoramento quantitativo e qualitativo da água de chuva na cidade de Cuiabá são feitas algumas recomendações, tais como:

- Avaliar parâmetros químicos da água direta da chuva como íons dissolvidos e também a existência de metais pesados;
- Realizar o sequenciamento gênico para determinação do grupo, ou dos grupos de *Escherichia coli* encontrados em águas de chuva;
- Dar sequência na pesquisa da densidade microbiana presente na água de chuva, identificando as cepas encontradas, e tentando correlacionar a população presente na água com a do entorno, em distâncias variadas, para obter respostas sobre a amplitude da influência das condições ambientais sobre a qualidade da água;
- Verificar a qualidade da água de chuva após passar por superfícies de cobertura e também diretamente no solo, para obter dados que indiquem o melhor local para coleta da água para posterior aproveitamento;
- Analisar a qualidade da água nos reservatórios para poder identificar o efeito do tempo de retenção hidráulico sobre a qualidade da água;
- Por fim, dimensionar e implantar um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência para que se possa simular o comportamento real do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, W. C., ZANELLA, L. e DOS SANTOS, M. F. L.. **Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para Usos Não Potáveis**. Técnica: Como Construir. Edição 133. Abril de 2008.
2. Ambiente Brasil. Disponível em: http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&cont_eudo=./agua/doce/artigos/chuva.html. Acesso em: abril, 2008.
3. ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e Reúso de água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.
4. APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Water Pollution Control Federation. **Standard Methods**. 20 ed., Ed. APHA: Washington, 1998.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações de água pluviais: NBR 10.844**. Rio de Janeiro, 1989.
6. _____. **Reservatórios de distribuição de água para abastecimento público: NBR 12.217**. Rio de Janeiro, 1994.
7. _____. **Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação: NBR 13.969**. Rio de Janeiro, 1997.
8. _____. **Instalação Predial de Água Fria. NBR 5.626**. Rio de Janeiro, 1998.
9. _____. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisito. NBR 15.527**. Rio de Janeiro, 2007.
10. AUSTRÁLIA. **Australian water quality guidelines for fresh and marine waters**. Australian and New Zealand Environment Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra. vol 1, 1992.
11. BARNETT, H.L.; HUNTER B.B. **Illustrated Genera of Imperfect fungi**. 4th ed. MacMillan Publishing Company, 1987. 218p.
12. BOTELHO, M. H. C.. **Águas de chuva – Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. 2º ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.
13. BRANCO, S. M., PORTO, R.L.. **Hidrologia Ambiental**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, V 3: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Editora da Universidade de São Paulo, SP. 1991.
14. BRASIL. **Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990**. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html Acesso em fevereiro de 2009.
15. _____. **Lei Federal nº 9.433, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, janeiro de 1997.

16. _____. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução Nº 274**. Diário Oficial da União, Brasília, novembro de 2000.
17. _____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Portaria nº 1.469: Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília, outubro de 2001.
18. _____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 518**. Brasília, março de 2004.
19. _____. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução Nº 357**. Diário Oficial da União, Brasília, março de 2005.
20. BURBARELLI, R. C.. **Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea e Microbiologia do Solo em Área Irrigada com Efluente de Lagoa Anaeróbia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
21. CANADÁ. **Guidelines for Canadian recreational water quality**. Minister of National Health and Welfare. Ottawa, 1992.
22. CARLON, M. R.. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2005.
23. CASTELLANO, E. G. (Org.), CHAUDHRY, F. H. (Org.) . **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 2000. v. 1. 347 p.
24. CETESB , São Paulo; **Guia de Coleta e preservação de amostras de água/ Cord**. Edmundo Garcia Agudo (et al.). São Paulo, SP. 1998.150 p.
25. CIPRIANO, R. F. P.. **Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina, 2004.
26. COUTINHO, A. C. **Dinâmica das Queimadas no Estado de Mato Grosso e suas relações com as atividades antrópicas e a economia local**. Tese de doutorado – Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2005.
27. CURITIBA. **Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE**. Câmara de Vereadores de Curitiba. Disponível em: <<http://www.cvc.pr.gov.br>>. Acesso em: novembro de 2008.
28. _____. **Projeto de Lei nº 05.00012.2002 de 19 de fevereiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos para as novas edificações, que venham a impermeabilizar área superior a 500 m2**. Câmara de Vereadores de Curitiba. Disponível em: <<http://www.cvc.pr.gov.br>>. Acesso em: novembro de 2008.

29. DACACH, N. G.. **Saneamento básico**. 3a. edição revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e científica. 1990.
30. DANIEL, L. A.. (coord.) **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**. Prosab (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico). Abes (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), Rio de Janeiro, 2001.
31. DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; FILHO, P. L. C. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. Ed. RiMa, São Carlos, 2002.
32. ESCOBAR, H.. **Chove. É preciso aproveitar toda essa água**. O Estado de S. Paulo, 01 dez. 2002. Disponível em: <<http://www.ipt.br/imprensa/midia/?ID=1123>>. Acesso em: julho de 2008.
33. ESTAÇÃO VIDA. Edifício terá sistema de aproveitamento da água de chuva. **Estação vida: ciência e tecnologia**, 14 abr. 2003. Disponível em <<http://www.estacaovida.org.br>>. Acesso em: julho de 2008.
34. FENDRICH, R.. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese: Doutorado, curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2002.
35. FORNARO, A.. **Chuva ácida em São Paulo. Caracterização química de amostras integradas e seqüências de deposição úmida**. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado em Química Fundamental) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo.
36. FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M.A.F; SILVA DIAS, P.L. **Emissões de queimadas em ecossistemas da America do Sul**. Estudos Avançados, 2005.
37. GARCEZ, L. N.. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.
38. GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A.. **Hidrologia**, 2ª. Edição, 291 p., Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1988.
39. GIACCHINI M.. **Aproveitamento das águas de chuva nas edificações**. 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande 2005.
40. GNADLINGER, J.. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. Associação Internacional de Sistemas de Coleta de Água de Chuva. In: 2º Fórum Mundial da Água, Holanda, 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: agosto de 2008.
41. GONÇALVES, R. F.. (coord.) **Uso racional de água em edificações**. PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico). ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental) Rio de Janeiro, 2006.

42. GONDIM, R. S.. **Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural.** Ambiente de Políticas de Desenvolvimento do Banco do Nordeste, Fortaleza, 2001
43. GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva.** In: KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C.T.; AFONSO, M.A.. Editora Organic Trading – Curitiba/PR. 2002.
44. HERNANDES, A. T.; AMORIM, S. V.. **Rainwater Quality Assessment In A One-Family Building In The Southeast Of Brazil.** In: NORTH AMERICAN RAINWATER HARVESTING CONFERENCE, 2005. Seattle, USA. 2005.
45. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2009.** Disponível em: www.ibge.gov.br.
46. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: novembro de 2008.
47. JORDÃO, E. P.; PESSOA, C.A.. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3ª edição Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.
48. JAQUES R.. I- **Avaliação da qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis- SC.** 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande 2005.
49. KERN, M. E.; BLEVINS, K. S. **Micologia medica: textos & atlas.** 2. ed. São Paulo: Premier, 1999. p. 59-61.
50. KERR, G. P.. **Escola faz reuso de água da chuva.** Ecopress, 06 nov. 2003. Disponível em: <<http://www.ecopress.org.br/eco>>. Acesso em: julho de 2008.
51. KITA, I. et al. **Local government's financial assistance for rainwater utilization in Japan.** In: Conferencia Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. Proceedings. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Petrolina, 1999.
52. KONEMAN, E. W. et al. **Diagnóstico microbiológico: texto e atlas colorido.** 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2001. p. 1008-1009.
53. Laboratório de Hidráulica e Climatologia da Universidade Federal de Mato Grosso. Relatórios de series históricas de precipitações da estação Mestre Bombled. 2009.
54. LAREDO, G.. **Caído do céu.** Revista Globo Rural. Editora GLOBO, edição: 280, fevereiro de 2009.
55. LEAL, U.. **Ciclo da água na edificação.** Revista Técnica, Volume 9, nº:48, setembro/outubro de 2000.
56. LOPES, J.E.G.; SANTOS, R.C.P.. **Capacidade de reservatórios.** 2002. Disponível em: http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_reservatorios.pdf. Acesso em: fevereiro de 2009.
57. MACEDO, J.A.B.. **Águas & Águas,** Ortofarma, Juiz de Fora, MG, 2000, 505 p.

58. MATO GROSSO. **Relatório de monitoramento da qualidade do ar e dos agravos à saúde relacionados com a poluição atmosférica/VIGIAR – Mato Grosso, 2008.** Secretaria Estadual de Saúde e Secretaria Estadual de Meio Ambiente. Cuiabá, 2009.
59. MAY, S.. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
60. MELO, L. R. C.. **Variação da qualidade da água da chuva no início da precipitação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
61. MESQUITA, A. C.. **Fábrica economiza água com ajuda da chuva.** No olhar, nº15, fev/2003. Disponível em: <http://www.noolhar.com/opovo/cienciaesaude/226294.html> Acesso em: julho de 2008.
62. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA/SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO. **Diagnóstico hidrológico do Estado de Mato Grosso.** Brasília, 80p, 2007.
63. MIRANDA, L.; AMORIM, L.. **Mato Grosso Atlas Geográfico.** 1. ed. Cuiabá/MT: Editora Entrelinhas, 2002.
64. NGIGI, S. N.. **Optimization of rainwater catchment systems design parameters in the arid and semiarid lands of Kenya.** In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999. Petrolina. Anais eletrônicos... Disponível em: http://www.cpsa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html. Acesso em: março de 2009.
65. OLIVEIRA, R. G.. **Aproveitamento de Águas Pluviais para Uso não Potável.** Monografia: Especialista em MBA em Sistema de Gestão Ambiental – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.
66. OLIVEIRA, Y.V. de. **Uso do balanço hídrico seriado para o dimensionamento de estrutura de armazenamento de água das chuvas: estudos de casos.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC: Florianópolis, 2004, 145 p.
67. PALMIER, L. R.. **A necessidade das bacias experimentais para a avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água na região semi-árida do Brasil.** III Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido. Paraíba, 2001. Anais. Paraíba: ABRH, 2001. CD-ROM.
68. PHILIPPI, Jr.. **Saneamento, Saude e Ambiente – Fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2004.
69. PIAZZA, W.F.. **Santa Catarina: Sua História,** Ed. Lunardelli, Florianópolis, 1983.
70. PRECIPITAÇÃO. Apostila educacional. Disponível em: www.fag.edu.br/professores/muller/PRECIPITA%C7%C3O.ppt Acesso em: julho de 2008.

71. **Projeto Fortalezas multimídias.** Disponível em:
http://www.fortalezasmultimidia.com.br/santa_catarina/index.php?data=ratones Acesso em: novembro de 2008.
72. PUTZKE, J.; PUTZKE, M.T.L. **Os reinos dos fungos.** EDUNISC Santa Cruz do Sul, v.1, 1998, 606 p.
73. QUALIDADE DA ÁGUA. **Apostila – Universidade Federal de Viçosa. Disponível em:** <http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm> Acesso em: agosto de 2008.
74. REBELLO, G. A. O.. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** 2004. 96 p.Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – IPT, São Paulo, 2004.
75. RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada.** Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 2000.
76. RIO DE JANEIRO. Lei Nº 4.393, **dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e da outras providencias.** Rio de Janeiro, setembro de 2004.
77. SAMSON, R.A. et al. **Introduction to food-Borne Fungi.** Utrecht, The Netherlands, Centraalbureau voor Schimmelcultures, 6th d., 2002.
78. SÃO PAULO. **Lei municipal n.º 13.276, de 4 de janeiro de 2002. Torna obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m2.** Diário Oficial do Município, São Paulo, jan. 2002.
79. _____. **Lei Nº 13.276, dispõe sobre a obrigatoriedade da execução de reservatórios para águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m².** São Paulo, janeiro de 2002. Disponível em: <www.leispaulistanas.com.br>. Acesso em: novembro de 2008.
80. _____. **Decreto Nº 12.342, dispõe sobre o Código Sanitário do Estado de São Paulo. São Paulo, setembro de 1978.** Disponível em: <<http://desantoandre.edunet.sp.gov.br/vidacodsanit.doc>>. Acesso em: novembro de 2008.
81. SCHINDLER, W.; SALATI, E.. **Alternativas para controle das variações climáticas.** Com ciência – Revista eletrônica de jornalismo científico. V: 85, 2007.
82. SEPLAN/MT. **Zoneamento Sócio-econômico-ecológico de Mato Grosso. Climatologia – Dados climatológicos.** Disponível em: <http://www.zsee.seplan.mt.gov.br> Acesso em julho de 2009.
83. SICKERMANN, J. M.. **A chuva: a solução que vem do céu - 3P Technik Brasil – Rainwater Section In: WSSCC GLOBAL FORUM, 2000, Foz do Iguaçu. Resumos...** 2000.

84. _____. **Sistema de aproveitamento d'água das chuvas em edificações.** Técnica: revista de tecnologia e negócios da construção, São Paulo: Editora Pini, vol. 10, nº59, p. 69-71, fev. 2002.
85. SILVA, A.S. et al. **Captção de água da chuva no semi-árido brasileiro:** Cisternas rurais II Água para Consumo Humano. Petrolina, PE, EMBRAPACPATSA/MINTER-SUDENE, 80 p, 1988.
86. SILVEIRA, V.D.. **Micologia.** 5. ed., Rio de Janeiro, Âmbito Cultural, 330p, 1995.
87. SILVEIRA, A.. **Elaboração da equação de chuvas intensas de Cuiabá.** Comunicação pessoal. 2006.
88. SOARES, D. A. F. et al. **Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing.** In: CIB W62 Seminar. Precedings CIB W62 Seminar. Rio de Janeiro, 2000.
89. THOMAS, T.. **Escolha de cisternas para captação de água de chuva no sertão.** In: 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido. Anais... Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Paraíba, 2001.
90. _____. **Choosing rainwater tanks for the Sertão.** 2004. Disponível em: < <http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/pubs/rwh.html> > Acesso em: 15 de outubro 2005.
91. TOMAZ, P.. **Conservação da Água.** 1ª Edição, Parma. São Paulo, 1998.
92. _____. **Previsão de Consumo de Água: Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto de Serviços Públicos.** Navegar. São Paulo, 2000.
93. _____. **Economia de água: para empresas e residências.** São Paulo: Navegar, 2001.
94. _____. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.
95. TORDO, O. C.. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.
96. TUCCI, C.E.M.. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Editora da Universidade: ABRH: EDUSP. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. Porto Alegre, 1a. Edição, 1993.
97. TUNDISI, J. G.. **O futuro dos recursos: Recursos Hídricos,** Revista MultiCiência: Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da UNICAMP, Campinas, SP, out. 2003.
98. VAES & BERLAMONT, J.. **The effect of rainwater storage tanks on design storms.** Urban Water, 304-307, 2001.
99. VILLELA, S. M.; MATTOS A.. **Hidrologia Aplicada.** – 1. ed. – São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.
100. VILLIERS, M.. **Água: como o uso desse precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI.** Rio de Janeiro. Ed. Ediouro, 2002.

101. VON SPERLING, M.. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, v 1, 1ª Edição, Belo Horizonte DESAUFMG, 1995.
102. WATERFALL, P. H.. **Harvesting rainwater for landscape use**. University of Arizona Cooperative. 2002. Disponível em:
<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html> Acesso em: março de 2009.
103. 3P TECHNIK. **Sistemas para aproveitamento da água de chuvas**. Disponível em:
<<http://www.agua-de-chuva.com>>. Acesso em: abril de 2009.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)