



# **Monitoramento, Análise Qualitativa e Quantitativa da captação de água da chuva no CT/UFRJ**

Débora Demoner Martinelli

## **Projeto de Final de Curso**

Orientadores:

Prof<sup>a</sup>. Cheila Gonçalves Mothé, D.Sc.

Prof<sup>a</sup>. Michelle Gonçalves Mothé, D.Sc.

2012

# Monitoramento, Análise Qualitativa e Quantitativa da captação de água da chuva no CT/UFRJ

*Débora Demoner Martinelli*

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente do Programa Escola de Química, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenharia Química.

Aprovado por:

---

Profa. Carla Reis de Araújo, D. Sc.

---

Profa. Eliana Mossé Alhadéff, D. Sc.

---

Iara Conceição de Miranda, M. Sc.

Orientado por:

---

Profa. Cheila Gonçalves Mothé, D. Sc.

---

Profa. Michelle Gonçalves Mothé, D. Sc.

2012

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais Raul e Rosangela e ao meu irmão Sávio, por todo amor e suporte emocional dado em todos os momentos de minha vida, me acalmando quando tudo parecia não dar certo, me confortando nos momentos de fraqueza e dúvidas, sorrindo e comemorando com as minhas conquistas. À minha família, amor incondicional.

Aos meus amigos, pela compreensão, apoio e conselhos. Por conviverem comigo e terem feito a jornada ficar mais leve. Em especial, agradeço ao meu namorado Daniel pelas palavras de incentivo e todo amor e compreensão dados.

Às Professoras Drs. Cheila Gonçalves Mothé e Michelle Gonçalves Mothé pela orientação e dedicação ao longo do meu projeto final de curso.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro pela concessão da oportunidade de um ensino de qualidade e toda a infraestrutura necessária para um bom aproveitamento do curso de engenharia química.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Química.

## **Monitoramento, Análise Qualitativa e Quantitativa da captação de água da chuva no CT/UFRJ**

Débora Demoner Martinelli

2012

Orientadores: Prof.<sup>a</sup> Cheila Gonçalves Mothé, D.Sc  
Prof.<sup>a</sup> Michelle Gonçalves Mothé, D.Sc

A água, líquido mais precioso da Terra, é de suma importância para a manutenção da vida. Todo ser vivo, sem distinção, precisa dela para sua sobrevivência. Os recursos hídricos possuem valiosa importância no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. Contudo, apesar de sua extrema importância, o uso irracional e a constante poluição hídrica fazem com que a escassez de água seja um dos principais desafios do século XXI. Aproximadamente dois bilhões de pessoas não possuem acesso à água potável e dessa maneira, estão sujeitas a inúmeras doenças e conseqüentemente a morte. A captação de água da chuva surge como uma alternativa para amenizar e/ou solucionar o problema da falta de água no mundo. Essa alternativa torna-se atrativa em locais com grande índice pluviométrico, em locais onde a disponibilidade de água é muito restrita e em indústrias. Com a implantação de sistemas de coleta pluviais, milhões de pessoas seriam beneficiadas, especialmente as que não possuem acesso à água potável limpa ou saneamento básico. Essa água também poderia ser utilizada para outros fins, de acordo com sua qualidade, e assim, geraria uma considerável economia de água tratada. Neste trabalho foi realizado o monitoramento da frequência de chuvas no segundo semestre de 2012 na unidade piloto no Centro de Triagem Recicla CT, localizado no Centro de Tecnologia da UFRJ. Amostras de águas provenientes da captação de chuva foram submetidas a ensaios analíticos para a caracterização e avaliação dos parâmetros físico-químicos, que qualificam a água de acordo com os seus resultados. Com os valores desses parâmetros, temos o indicativo que se trata de água potável, podendo ser designada para jardinagem, lavagem de containers e de embalagens poliméricas que serão destinadas à reciclagem.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	3
3. JUSTIFICATIVA.....	4
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
4.1. Ciclo hidrológico .....	5
4.2. Precipitação atmosférica .....	6
4.3. Distribuição e disponibilidade de água no mundo.....	8
4.4. Escassez da água no mundo (problemática).....	10
4.5. A importância e necessidade do reuso.....	12
4.6. Aproveitamento de água de chuva no mundo .....	13
4.7. Caracterização qualitativa e quantitativa da água de chuva .....	15
4.8. Padrão de potabilidade.....	18
4.9. Parâmetros de qualidade para água de chuva .....	19
4.10. Padrão da água em processos industriais .....	21
4.11. Perspectiva futura e questões ambientais.....	25
5. METODOLOGIA .....	28
5.1. Do monitoramento.....	29
5.2. Das análises físico-químicas .....	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
6.1. Monitoramento quantitativo.....	31
6.2. Resultados das Análises Físico-Químicas da água captada da chuva .....	33
6.2.1. pH.....	34
6.2.2. Condutividade .....	34
6.2.3. Cloretos.....	34
6.2.4. Cor e Turbidez .....	34
6.2.5. Dureza.....	34
6.2.6. Nitrito e Nitrato .....	34
6.2.7. Cálcio e magnésio.....	35
6.2.8. Ferro .....	35
6.2.9. Sólidos em Suspensão (SS).....	35
6.2.10. Fosfato .....	35
6.2.11. Oxigênio consumido .....	35

6.2.12. Fluoreto.....	35
6.2.13. Odor.....	36
6.3. Considerações sobre a utilização industrial.....	37
7. CONCLUSÃO .....	38
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

## Índice de Tabelas

Tabela 1-Áreas, volumes totais e relativos dos principais reservatórios da Terra.....	8
Tabela 2- Disponibilidade Hídrica .....	11
Tabela 3- Comparação de valores médios de pH e concentrações medias ponderadas pelo volume ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) de algumas espécies iônicas presentes em águas de chuva para diferentes regiões do Brasil .....	17
Tabela 4- Tipos de tratamentos necessários de acordo com a utilização da água.....	18
Tabela 5- Padrão de aceitação para consumo humano .....	19
Tabela 6- Especificação para água de um gerador de vapor .....	22
Tabela 7- Especificações de um sistema de refrigeração utilizando a água como fluido refrigerante .....	23
Tabela 8- Qualidade da água requerida para determinados tipos de indústrias.....	25
Tabela 9- Volume de água na caixa d'água relacionada com a altura da coluna de água.....	32
Tabela 10- Resultados obtidos da Análise Físico-Química da Água de Chuva .....	33
Tabela 11- Comparação dos parâmetros analisados para a verificação da potabilidade da água .....	36

## Índice de Figuras

Figura 1 - Esquemática do ciclo hidrológico .....	6
Figura 2-Pluviograma da estação da Vila Militar localizada no Rio de Janeiro.....	7
Figura 3- Distribuição de água doce superficial no planeta.....	9
Figura 4- Distribuição de água doce superficial no continente americano.....	9
Figura 5- Relação entre a disponibilidade hídrica e o número de habitantes dessa região, como possível gerador de conflitos.....	12
Figura 6- Foto da unidade Piloto de captação das águas de chuva do Programa Recicla CT .....	28
Figura 7- Foto do centro de triagem com o sistema coletor de água de chuva do Recicla CT .....	29
Figura 8- Layout do programa gerado para a estimativa do volume pluvial contido no reservatório.....	30
Figura 9- Estimativa do volume pluvial no <i>Mathematica</i> de acordo com a altura de coluna de líquido.....	32
Figura 10- Estimativa do volume pluvial no Excel de acordo com a altura de coluna de líquido.....	33

# 1. INTRODUÇÃO

É notória a importância de água potável para o abastecimento ou surgimento das civilizações, visto que grande parte delas se desenvolveram às margens de rios. Como exemplo disso, temos o Egito onde se evidencia a dependência de seu desenvolvimento das águas do rio Nilo. Na Mesopotâmia também é notada a mesma relação de dependência da água, com seu desenvolvimento tangenciando os rios Tigres e Eufrates.

Sendo um dos principais insumos de uma diversa gama de processos industriais e também designada como mantedouro de vida na Terra, a água cada vez mais merece atenção, respeito e cuidados em suas variadas formas de uso. Apesar de sua abundância no planeta, apenas uma pequena parcela é adequada para consumo e qualificada como potável. Essa ínfima porcentagem de água disponível para consumo humano encontram-se em geleiras restando assim, uma menor quantidade de água superficiais doce para as atividades humanas.

Por ser um bem precioso de grande importância à sobrevivência de praticamente todas as espécies, a racionalização do consumo para evitar o seu desperdício diminuiria e/ou até mesmo ajudaria na melhora do panorama mundial, onde existe a previsão de seu esgotamento (em breve, num contexto de poucas décadas) como também a sua escassez em diversos países.

Oriente Médio, China, Índia e o norte da África já são afetados com a falta de água. Na China devido a sua grande demanda agroindustrial aliada a sua extensiva população, o suprimento de água já chegou ao limite e para ter acesso à água, milhões de chineses chegam a andar quilômetros por dia para consegui-la. Na Índia se observa o esgotamento dos recursos hídricos, tendo como principal curso de água o rio Ganges. No Oriente Médio, estudos apontam que dentro de quatro décadas somente haverá água doce para consumo doméstico fazendo com que as demais atividades utilizem o esgoto tratado. No norte da África, a previsão se torna ainda mais alarmante para os próximos 30 anos: a quantidade de água disponível por habitante sofrerá uma redução de 80%. A Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula que 50 países enfrentarão crise no abastecimento de água até 2050 (LIMA, 2008).

O problema da falta de água pode ser encarado como o grande desafio do século e esse quadro tende a piorar. A projeção indica que no ano de 2025, dois de três habitantes do planeta serão afetados de alguma forma pela escassez - vão passar sede ou estarão sujeitos a doenças como cólera e amebíase, provocadas pela má qualidade da água (LIMA, 2008).

É uma crise sem precedentes na história da humanidade. Em escala mundial, nunca houve problema semelhante. Tanto que, até 30 anos atrás, quando os primeiros alertas foram feitos por um estudo da Organização das Nações Unidas não se dava importância para a improvável ameaça (ONU, 2000).

Em 1967, a disputa pelo controle de água desencadeou uma guerra no Oriente Médio, onde árabes fizeram obras para desviar o curso do rio Jordão - considerado o principal rio da região. Com a nova rota desse rio, haveria uma perda grande da capacidade hídrica de Israel e o governo israelense ordenou

que as obras fossem bombardeadas, fazendo com que a rivalidade entre os países vizinhos crescesse ainda mais (Revista Isto é, 2009).

Cerca de três décadas depois, um relatório do Banco Mundial já anunciava que as guerras do próximo século serão motivadas pela disputa de água, diferentemente dos conflitos do século XX, marcados por questões políticas ou pela disputa do petróleo, sendo assim, a humanidade poderá presenciar no terceiro milênio uma nova modalidade de guerra: a batalha pela água.

O Brasil é um país privilegiado no que diz respeito a recursos hídricos. O território brasileiro compreende cerca de 20% de toda a água doce superficial da Terra, sendo a maior parte desse volume localizado na Amazônia. Entretanto, os dados acima não denotam que nosso país não apresente problemas relativos à água e um exemplo disso é a seca no nordeste. A água existe em abundância, porém não se encontra distribuída de maneira uniforme pelo país.

É na região amazônica que está inserida a maior bacia fluvial do mundo. Essa região abrange, além do Brasil, Bolívia, Peru, Equador e Colômbia. A segunda maior bacia hidrográfica do mundo, a Platina, também está parcialmente em território brasileiro. Mas a nossa riqueza hídrica não se restringe às áreas superficiais: o aquífero Botucatu/Guarani, um dos maiores do mundo, tem 70% de sua extensão em território brasileiro. O remanescente do potencial hídrico distribui-se de forma desigual pelo país. Apesar de tanta riqueza, as maiores concentrações urbanas encontram-se distantes dos grandes rios, como o São Francisco, o Paraná e o Amazonas. Assim, dispor de grandes reservas hídricas não garante o abastecimento de água para toda a população.

Apesar de todo o cenário favorável é estimado que cada brasileiro gaste cerca de 300 litros de água por dia. Assim, existe um desperdício intenso de água, visto que metade desse valor já seria suficiente para suprir todas as suas necessidades (VICTORINO, 2007). Segundo a ONU cada pessoa deve gastar 110 litros de água por dia.

A escassez de água é consequência direta do aumento populacional, uso irracional (desperdício) e também a poluição dos cursos hídricos. A crescente diminuição das reservas de água tem conseguido a atenção da mídia e demais setores de comunicação. Com o apelo ambiental, cada vez mais se incentiva o racionamento de água como também soluções para sua carência e uma das alternativas que ganhou bastante destaque é o reuso da água de chuva através de sua captação e aproveitamento.

Com a captação da chuva, cerca de dois bilhões de pessoas seriam beneficiadas, principalmente aquelas que não possuem acesso à água potável limpa ou saneamento básico. Como vantagem, essa água representaria uma fonte alternativa com qualidade razoável para variados usos (considerados não potáveis) tais como lavagem de veículos e ornamentação. Dessa forma, haveria diminuição do consumo de água tratada (VICTORINO, 2007).

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como principal objetivo o monitoramento da captação de água da chuva na unidade piloto do Centro de Triagem do programa ambiental Recicla CT, localizado no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta como objetivos específicos os seguintes itens:

- O dimensionamento e estimativa da vazão de água de chuva captada;
- Avaliação das propriedades físico-químicas da qualidade da água captada;
- Sugestão da destinação da água captada baseado nos resultados obtidos.

### 3. JUSTIFICATIVA

Mediante a escassez de recursos hídricos, torna-se atrativo o estudo relativo à qualidade das águas de chuva como fonte alternativa para suprir a demanda mundial por água. Visto isso, torna-se tão necessário uma análise adequada da qualidade dessa água, pois o padrão da mesma é alterado por diversos parâmetros entre eles as ações antrópicas.

Estima-se que cerca de dois bilhões de pessoas no mundo seriam beneficiadas com a introdução de forma generalizada dessa técnica, incluindo, sobretudo as populações privadas de água doce limpa e potável e saneamento básico.

O reuso da água de chuva já é uma técnica comum em alguns países devido à deficiência desse recurso. Essa captação torna-se vantajosa tanto em esfera ambiental, social e econômica, visto que com o uso de água da chuva, o consumo de água tratada diminui.

Essa alternativa tem sido muito estudada em relação a sua qualidade, visto que a captação das águas das chuvas é bastante atrativa no que diz respeito ao problema atual da escassez de recursos hídricos.

A identificação das características qualitativas dessa água é de suma importância para a destinação de seu uso, bem como a necessidade de tratamento a ser feito para cada finalidade proposta. A qualidade da água da chuva está intrinsecamente ligada às condições atmosféricas locais e por onde essa água captada passa e o quanto foi alterada quando as áreas de captação detêm impurezas e/ou outros materiais, fazendo com que se torne imprópria para especificado uso. Somada a qualidade da água, deve-se considerar a disponibilidade pluviométrica local, para a viabilização de seu aproveitamento e eficiência de captação.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico também denominado de ciclo da água é definido como a contínua circulação e distribuição da água sobre a superfície terrestre, atmosfera, subsolo e oceanos. Os principais fatores que governam os processos desse ciclo são a radiação solar e a gravidade. Esse ciclo também comporta seis processos básicos: evaporação, precipitação, infiltração, transpiração, escoamento superficial e subterrâneo. Os mecanismos que regem o ciclo da água são concomitantes, o que permite caracterizar o seu início ou fim (HELLER e PÁDUA, 2006).

Com o efeito da radiação solar aliado a turbulência atmosférica, a evaporação acontece a partir das superfícies de água levando a formação de uma massa de ar úmido. O resfriamento dessa massa de ar provoca a condensação do vapor e também a formação de gotículas de água dando origem às nuvens, que nada mais são do que formas de nebulosidade em suspensão na atmosfera. O choque dessas pequenas gotas entre si promove o seu crescimento e quando elas se tornam suficientemente pesadas, precipitam em forma de chuva, neve ou granizo (HELLER e PÁDUA, 2006).

As gotas de chuva iniciam a segunda fase do ciclo hidrológico, fase essa conhecida como precipitação e que pode variar em intensidade de região para região e até mesmo varia entre as estações dependendo sempre das diferenças climáticas no tempo e espaço. Uma parte dessa precipitação pode ser recolhida e não atinge o solo e esse armazenamento recebe o nome de interceptação e grande parte desse volume armazenado volta à atmosfera na forma de vapor. A parcela da precipitação que atinge o solo pode infiltrar ao subsolo, escoar sobre a superfície ou ser recolhida diretamente por cursos ou corpos d'água. Os processos de infiltração e escoamento superficial são inter-relacionados e influenciados pelos seguintes fatores: intensidade da chuva, cobertura vegetal e permeabilidade do solo (HELLER e PÁDUA, 2006).

Da água infiltrada, parte fica retida em poros na camada superior do solo sob a ação da tensão capilar. Essa umidade que é retirada do solo pode ser absorvida pelas raízes da vegetação local ou pode evaporar. Outra parte do infiltrado pode formar o escoamento subsuperficial. A outra parcela remanescente da infiltração irá percolar até encontrar uma região em que todos os interstícios do solo sejam preenchidos com água. Essa camada de solo de natureza mais profunda e que se encontra saturado de água são denominados lençóis subterrâneos ou também conhecidos como lençóis freáticos e repousam sobre substratos impermeáveis ou de baixa permeabilidade. O escoamento subterrâneo em um aquífero pode se dar em diversas direções e, eventualmente, emergir em um lago ou até mesmo corroborar com a sustentação da vazão de um rio perene em períodos de falta de chuva (HELLER e PÁDUA, 2006).

Caso extrapole o limite de infiltração, o excesso de chuva irá acumular-se inicialmente em depressões e depois formará o escoamento superficial. Este último ocorre através de trajetórias preferenciais através de sulcos, ravinas, vales e cursos d'água os quais irão finalmente de encontro aos mares e

oceanos. Nesse percurso da água superficial podem ocorrer perdas tanto por infiltração como por evaporação de acordo com o relevo e umidade presente no solo.

O referido ciclo hidrográfico se completa pela água que retorna à atmosfera e é armazenada pelas plantas, pelo solo e pelas superfícies líquidas na forma de vapor. Essa mudança de fase é conhecida simplesmente como evaporação. A água retirada pelas plantas é utilizada para o seu processo de crescimento. A transpiração é o processo realizado pelas plantas e é caracterizado pela devolução de parte da água absorvida do solo para a atmosfera. Os processos de evaporação e transpiração são conhecidos por evapotranspiração.

Segundo Linsley et al. (1975), do volume de água que chega aos solos cerca de 25% alcança os oceanos na forma de escoamento superficial e subterrâneo e 75% volta à atmosfera por evapotranspiração. A Figura 1 mostra o esquema do ciclo hidrológico descrito acima (HELLER e PÁDUA, 2006).



Figura 1 - Esquemática do ciclo hidrológico

Fonte: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>

#### 4.2. Precipitação atmosférica

Precipitação é o fenômeno caracterizado pela descarga líquida ou sólida sobre a superfície atmosférica sendo resultante da condensação de vapor d'água atmosférico. Tendo em vista os diferentes modos de descarga, esse fenômeno pode ocorrer nas seguintes formas: chuveiro, chuva, granizo, orvalho, geada ou neve (HELLER e PÁDUA, 2006).

As precipitações são classificadas como orográficas, convectivas e frontais de acordo com os mecanismos de ascensão e das massas de ar que as produzem. A precipitação orográfica resulta do resfriamento adiabático das



### 4.3. Distribuição e disponibilidade de água no mundo

O volume total estimado de água na terra é de 1.360 milhões de quilômetros cúbicos e se encontra distribuído de forma desigual entre rios, aquíferos, oceanos e lagos. A porcentagem de água doce perfaz 2,53% de toda a água disponível no mundo. A Tabela 1 abaixo apresenta as estimativas da área, volume relativo e total de água doce para cada fonte. (RIBEIRO, 2008)

Tabela 1-Áreas, volumes totais e relativos dos principais reservatórios da Terra

<b>Reservatório</b>	<b>Área (10<sup>3</sup> km<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume (10<sup>6</sup> km<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume total (%)</b>	<b>Volume água doce (%)</b>
Oceanos	361.300	1.338	97,5	-
Subsolo	134.800	23,4	1,7	-
Umidade do solo		0,016	0,001	0,05
Calotas polares	16.227	24,1	1,74	68,9
Antártica	13.980	21,6	1,56	61,7
Groelândia	1.802	2,3	0,17	6,68
Ártico	226	0,084	0,006	0,24
Geleiras	224	0,041	0,003	0,12
Solos Gelados	21.000	0,300	0,022	0,86
Lagos	2.059	0,176	0,013	0,26
Água doce	1.236	0,091	0,007	
Água salgada	822	0,085	0,006	
Pântanos	2.683	0,011	0,0008	0,03
Calha de rios	14.880	0,002	0,0002	0,006
Biomassa		0,001	0,0001	0,003
Vapor atmosfera		0,013	0,001	0,04
Totais		1.386	100	-
Água doce total		35	2,53	100

Fonte: Shiklomanov em IHP/UNESCO, 1998.

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), na Agência Nacional de Águas (ANA), a distribuição da reserva de água doce no mundo e no continente americano ocorre da forma apresentada nas Figuras 3 e 4.

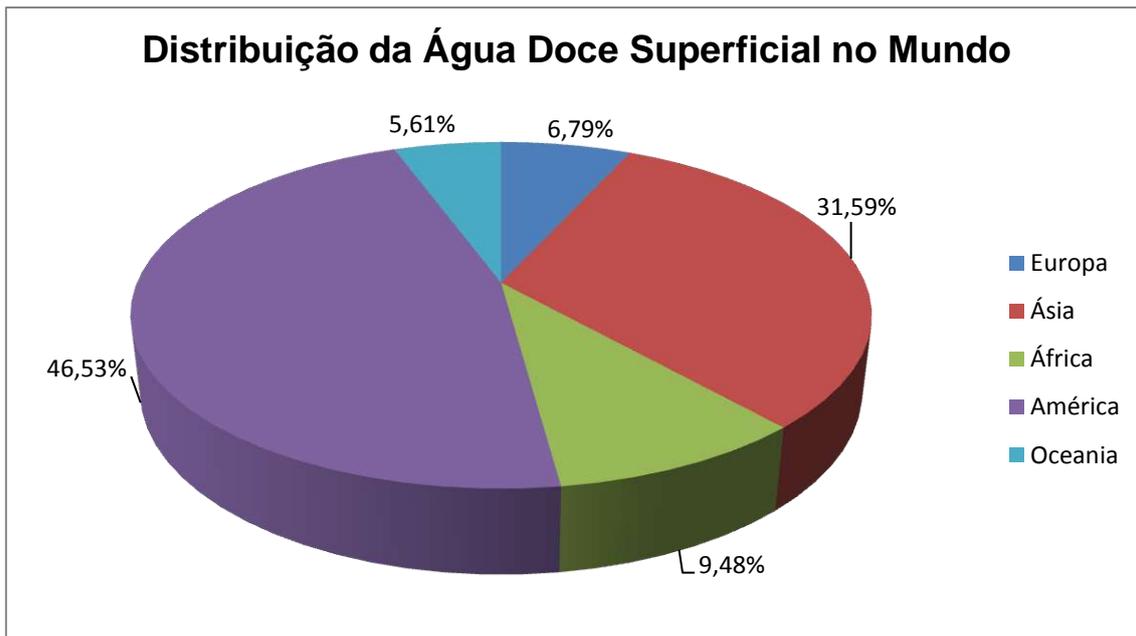


Figura 3- Distribuição de água doce superficial no planeta

Fonte: Adaptado de ANA(2006).

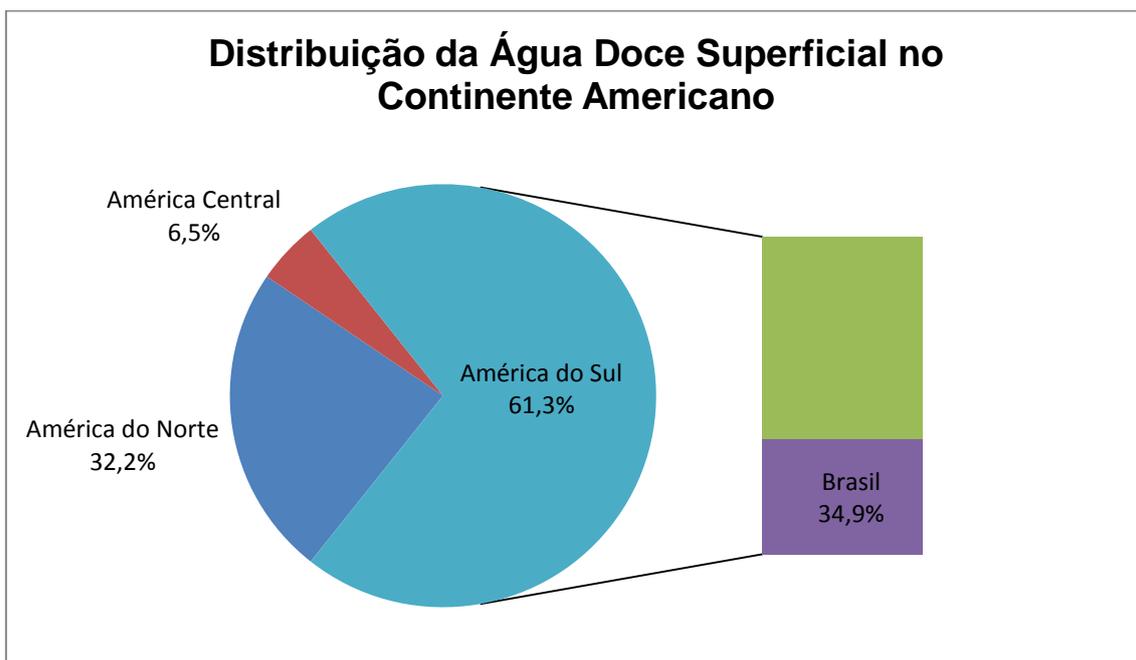


Figura 4- Distribuição de água doce superficial no continente americano

Fonte: Adaptado de ANA (2006).

A aparente abundância de água na natureza talvez justifique, em parte, a negligência com os recursos hídricos. Sabe-se que não existe tanta água potável como a natureza nos mostra. Na realidade, a água potável é uma parcela ínfima do volume global, pois além de ser uma quantidade muito pequena ela se encontra distribuída desigualmente pelos continentes (RIBEIRO, 2008).

A distribuição dos recursos hídricos brasileiros não coincide com as demandas da população. A região norte, com 7% da população brasileira, reúne cerca de 68% da água doce do país, na bacia amazônica. O nordeste com 29% da população detém apenas 3% da água doce. No sudeste, a situação é ainda pior, pois 43% da população dispõe de apenas 6% de água doce de superfície.

A água limpa esta cada vez mais rara na zona costeira e a água para consumo cada vez mais cara. Essa realidade é reflexo direto de como a água disponível vem sendo usada com desperdício chega a algo em torno de 50% e 70% nas cidades e sem muitos cuidados com a qualidade.

Assim, parte da água nacional já perdeu a característica de recurso natural renovável (principalmente em aglomerados urbanos densamente povoados), devido aos processos de urbanização, industrialização e produção agrícola, que são incentivados, mas pouco estruturados em termos de preservação ambiental e da água.

Nas cidades, os problemas de abastecimento estão intimamente ligados ao crescimento da demanda, ao desperdício e a urbanização sem planejamento, que atingem as áreas de mananciais. Na zona rural, os recursos hídricos são também explorados de forma irregular, além de parte da vegetação protetora da bacia estar sendo destruída para a realização de atividades agropecuárias.

A baixa eficiência das empresas de abastecimento se associa ao quadro de poluição: as perdas por roubos ou vazamentos nas redes de distribuição atingem entre 40% e 60%, além de 64% das empresas não coletarem o esgoto gerado. O saneamento básico não é implementado de forma adequada, já que 80% dos esgotos domésticos e 70% dos efluentes industriais são jogados sem tratamento nos rios, açudes e águas litorâneas, o que tem gerado um nível de degradação jamais visto e sequer imaginado (RIBEIRO, 2008).

#### 4.4. Escassez da água no mundo (problemática)

Em alguns países, os recursos hídricos são mais que suficientes para abastecer as necessidades da população, mas são raros em outros. Como o consumo desenfreado se apresenta de forma hegemônica, o uso da água para produção industrial tende a aumentar, o que pode desencadear novos conflitos pelo seu acesso.

Apenas seis países – Brasil, Rússia, Indonésia, Canadá, China e Colômbia – representam metade do suprimento renovável total de água doce. O Canadá, por exemplo, situa-se próximo ao topo da riqueza hídrica, com mais de 92 mil metros cúbicos de água por habitante. Dentre os países que apresentam maior escassez quanto aos recursos hídricos, estão a Jordânia, com um manancial renovável atual de 138 metros cúbicos por habitante, Israel, com 124 m<sup>3</sup>, e o Kuwait, com uma ínfima quantidade (Viana, 2006). Na Tabela 2, verifica-se a disponibilidade hídrica em alguns países.

Tabela 2- Disponibilidade Hídrica

<b>País</b>	<b>Quantidade de água em m<sup>3</sup>/hab/ano</b>
Guiana Francesa	812.121
Islândia	609.319
Suriname	292.566
Congo	275.679
Brasil	48.324
Ilhas Bahamas	66
Emirados árabes	58
Faixa de Gaza	52
Kuwait	10

Fonte: UNESCO, 2003.

Em 2006 foi divulgado um documento, fruto da parceria de agências da ONU, com o título: Water: a Shared Responsibility que busca avançar na discussão ao analisar a gestão dos recursos hídricos. Porém, este documento ratifica o quadro de escassez relativa e anunciada da água (UNESCO & WWAP, 2006).

A água doce por si só é o bem mais precioso da terra. É essencial para a execução e satisfação das necessidades humanas básicas, para saúde, produção de alimentos, energia e manutenção da vida.

Hoje, uma em cada cinco pessoas no mundo enfrenta riscos diários de doença e morte por falta de acesso razoável à água potável, definida pela Nações Unidas como a disponibilidade de, no mínimo, 20 litros por pessoa por dia, de uma fonte a uma distância não superior a um quilômetro do lar.

O acesso à água já é um dos fatores limitantes de maior grandeza no que tange o desenvolvimento econômico de muitas regiões. A competição do uso da água seja ele pelo setor agrário, industrial ou de abastecimento tem gerado conflitos geopolíticos e socioambientais que afetam diretamente grande parte da população mundial. Cerca de 2,6 bilhões de pessoas necessitam de saneamento básico e mais de um bilhão faz uso de fontes impróprias de água para consumo.

Sempre houve grande dependência dos recursos hídricos para o desenvolvimento econômico, fato que pode ser confirmado através do processo de colonização que se desenvolveu ao longo das margens de cursos d'água.

Inicialmente a água era utilizada como recurso abundante e o aumento da população e o desenvolvimento industrial provocaram um aumento significativo no consumo de água mundial. A escassez de água é determinada geralmente por dois fatores principais:

- aumento da população, principalmente em áreas com alta concentração populacional.
- Condições climáticas desfavoráveis, o que está relacionado à disponibilidade hídrica desfavorável, pouca precipitação e diversificados tipos de climas.

Considerando-se estas duas causas e levando em consideração a existência do incremento da poluição, além de um gerenciamento inadequado dos recursos hídricos, nota-se uma tendência para o surgimento de conflitos

em relação ao uso da água, devido à redução da disponibilidade hídrica e ao aumento da demanda de água.

Atualmente, utilizam-se diferentes indicadores para quantificar a predominância de conflitos, de acordo com características de determinada região. De acordo com a escala apresentada na Figura 5, por exemplo, é possível notar a tendência para surgimento de conflitos, através da relação feita entre as condições climáticas de cada região (diretamente relacionadas à disponibilidade hídrica) e o número de habitantes desta região (relacionado à demanda dos recursos hídricos). Nota-se que com o aumento populacional, aumenta a tendência para o surgimento do uso da água. Sendo assim, a disponibilidade é menor.

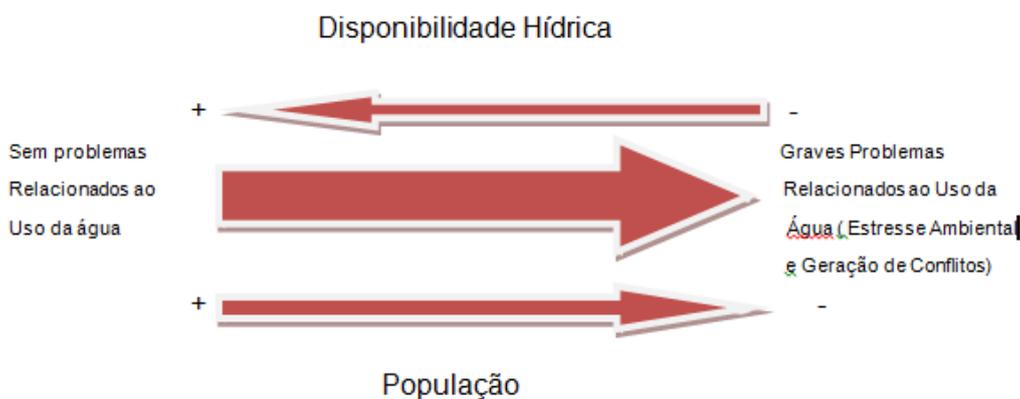


Figura 5- Relação entre a disponibilidade hídrica e o número de habitantes dessa região, como possível gerador de conflitos

Fonte: Mierzwa (2002).

#### 4.5. A importância e necessidade do reúso

A utilização da água de chuva pela humanidade, para fins diversos não é uma inovação e já ocorre há milhares de anos. Vários reservatórios datados de antes de Cristo são citados na história, como em Istambul e na Ilha de Creta. Na Europa, as cidades foram projetadas prevendo a utilização de água pluvial para uso doméstico e consumo humano.

Muitas obras referentes à captação e armazenamento de água foram construídas e são encontradas nas regiões semiáridas ou áridas do mundo como no norte da África e na Ásia. No norte do Egito, foram encontrados recentemente tanques com capacidade de 200 a 2000 metros cúbicos, muitos deles estando em plena atividade até os dias atuais.

Algumas companhias, sejam elas públicas ou privadas, são responsáveis pelo tratamento e distribuição de água potável à população independente de sua finalidade. A qualidade dessa água destinada ao consumidor final deve atender aos usos mais exigentes, como a que usamos para consumo direto. Contudo, nem todo tipo de utilização precisa, necessariamente, de um alto grau de qualidade. Atividades como resfriamento de maquinário, sistemas de combate a incêndio, lavagem de veículos, limpeza de pisos e descargas de bacias sanitárias não exigem a qualidade que o consumo de água potável o faz. Portanto, uma fonte alternativa interessante

aos usos não potáveis é o aproveitamento das águas das chuvas captadas e armazenadas. Vale ressaltar que o uso para fins potáveis também é válido, porém são necessárias etapas de tratamento para cada finalidade destinada.

A utilização dessa fonte alternativa é comumente indicada para ambientes rurais, condomínios e indústrias. O seu uso só não é mais difundido para o uso residencial devido ao baixo custo nas cidades, inviabilizando assim o aproveitamento da água de chuvas para fins também potáveis. Para fins industriais, onde a água torna-se mais cara, o uso de águas pluviais pode se tornar altamente viável.

Segundo Soares *et al.* (1997), o aproveitamento de águas pluviais traz inúmeras vantagens, entre elas simplicidade e facilidade de manutenção e controle e baixos custos iniciais. Em espaços urbanos, apresenta aspectos positivos à redução do consumo de água potável como também contribuem para a diminuição das enchentes, pois a água recolhida não é jogada diretamente na rede de drenagem.

#### 4.6. Aproveitamento de água de chuva no mundo

O uso da água da chuva não é novidade e vem sendo empregada há muito tempo. Como exemplo, na própria América latina, as técnicas de aproveitamento pluvial já eram empregadas pelos povos pré-colombianos no México.

Gansu é uma das províncias da China conhecida pela escassez de água. Desde 1980, pesquisas e projetos de extensão em aproveitamento da água da chuva têm sido desenvolvidos em Gansu, sendo que até o ano 2000 cerca de 2.183.000 tanques foram construídos na província, com uma capacidade de 73,1 milhões de m<sup>3</sup>, suprimindo a necessidade de 1,97 milhões de pessoas e auxiliando a irrigação de 236.400 hectares de terra.

Outras províncias na China têm adotado a utilização de água da chuva, construindo tanques para suprimento de água para aproximadamente 15 milhões de pessoas e para irrigação de 1,2 milhões de hectares de terra.

O Japão é outro exemplo em tecnologias de aproveitamento da água de chuva. Gnadlinger (2003) relata que em torno de 15 centros de convenções e centros de esportes captam e armazenam toda a água de chuva através das áreas dos telhados, usando a mesma para fins não potáveis como os a seguir; toaletes, irrigação de plantas e combate a incêndios. Em alguns casos, a água é usada para beber depois de filtrada.

É relatada também a captação de águas pluviais em três estádios do Japão. Os Estádios de Tokyo, Fukuoka e Nagoya, possuem áreas de captação que variam de 16.000 m<sup>2</sup> a 35.000 m<sup>2</sup> e reservatórios para armazenamento da água captada com capacidades entre 1.000 e 1.800 m<sup>3</sup>. Cerca de 73% da água que é escoada pelos telhados é utilizada para fins não potáveis, representando 59% da água consumida nestes usos, segundo Zaizen *et al.* (2000).

No distrito de Mukojima, Tóquio, a água da chuva coletada em telhados de residências privadas é utilizada para irrigação de jardins, combate a incêndios e para consumo humano, no caso de emergências.

O grande número de sistemas de aproveitamento de água pluviais no Japão é consequência da necessidade de fontes alternativas de água, da

necessidade de controlar o escoamento superficial e do nível de incentivo financeiro concedido para a construção deste tipo de sistema.

Em Berlin, na Alemanha, como parte de um projeto chamado “BelssLuedecke-Strasse”, foi implantado um sistema que capta a água da chuva de telhados e a descarrega em uma rede pública de coleta de água da chuva. Essa rede transfere a água a uma cisterna, junto com a água da chuva vinda de ruas, estacionamentos e calçadas. A água é tratada e utilizada para descarga de sanitários e irrigação de jardins. Uma simulação feita para 10 anos estimou uma economia de água potável através da utilização de água da chuva de cerca de 2.430 m<sup>3</sup> por ano (UNEP, 2002).

A captação de água de chuva tem sido incitada por organismos não governamentais em alguns países do Sul da África, em virtude do cenário de escassez das sucessivas e severas secas com as quais sofre a região. O aproveitamento da água da chuva para fins domésticos é praticado na Botswana desde os anos 60, usando reservatórios de armazenamento apoiados no chão ou enterrados. Em parte do Deserto de Karoo, na África do Sul, onde as fontes de água subterrânea estão a grandes profundidades e muitas vezes são de má qualidade, o aproveitamento das águas pluviais torna-se a solução mais adequada como fonte complementar de suprimento de água.

Em Moçambique, a água superficial é relativamente escassa e mal distribuída. Nesse país a captação de águas pluviais é uma técnica tradicional que ainda é largamente utilizada, principalmente nas províncias centrais de clima mais árido. A prática mais comum é a construção de tanques de argila, que coletam as águas escoadas. Nos locais onde se dispõe de maiores recursos os tanques são construídos em cimento e, em algumas áreas, os troncos de uma árvore conhecida como baobá também são utilizados como reservatórios (DYER, 1999).

No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva é provavelmente um sistema construído na Ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943 (GHANAYEM, 2001 apud PETERS, 2006).

De acordo com Frendrich e Oliynik (2002), no estado do Paraná a detenção de águas pluviais teve início em 1982, no estudo realizado no reservatório de detenção das águas pluviais na cidade de Planaltina do Paraná, o qual tinha capacidade máxima de 9.700 m<sup>3</sup> e era utilizado com o objetivo de amortecer as vazões máximas de uma área de drenagem de 0,5 km<sup>2</sup>.

Segundo Peters (2006), no estado de Santa Catarina a primeira utilização da água de chuva comprovada é datada do século XVIII, na Fortaleza de Ratonas, situada na ilha de Ratonas. Como a ilha era desprovida de fontes de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, a qual era utilizada para diversos fins, inclusive para consumo humano.

Atualmente existem poucos relatos de captação da água da chuva para fins de reaproveitamento no Brasil, em vista da disponibilidade relativamente grande de outras fontes de abastecimento. O aproveitamento de águas pluviais tem sido praticado em maior escala principalmente na região Nordeste, devido ao problema da escassez hídrica, característico de parte da região. Em julho de 2003, teve início o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, com o

objetivo beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas na região semiárida, com água potável, através da construção de cisternas.

Cada cisterna tem capacidade para armazenar 16 mil litros de água da chuva, captadas dos telhados através de calhas. As cisternas são confeccionadas com placas pré-moldadas de concreto ou com camadas sucessivas de argamassa armada com tela de arame galvanizado. São construídas por pedreiros das próprias localidades treinados pelo programa e pelas famílias beneficiadas pela cisterna.

Algumas indústrias também têm adotado sistemas de utilização de água de chuva. O uso desta se mostra viável em muitas aplicações industriais, visto que a maioria das indústrias possui grandes áreas de telhado para servirem como superfícies de captação, além de proporcionar uma economia significativa de água tratada. Em 2006 a Copebrás, indústria de Cubatão da área de fertilizantes agrícolas, lançou um projeto para captar a água das chuvas que caem sobre os telhados e ruas internas da empresa, para reaproveitamento no processo produtivo de suas unidades industriais. O empreendimento foi projetado para armazenar 2 milhões de litros d'água

Outros exemplos de empreendimentos que adotaram a prática de aproveitamento de águas pluviais são o Estádio João Havelange e o aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro, o Ginásio de esportes Univille em Joinville e o Supermercado Big em Esteio (BELLA CALHA, 2006a).

Em algumas cidades brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba, o armazenamento de água da chuva é previsto em lei e tem sido usado com o objetivo de retardar o escoamento superficial. A retenção das águas pluviais contribui para o controle de inundações, que ocorrem quando há precipitações intensas, em função dos altos índices de impermeabilização destas áreas.

#### 4.7. Caracterização qualitativa e quantitativa da água de chuva

A água da chuva naturalmente é ácida devido à presença de gás carbônico na atmosfera. Esse gás é solubilizado nas nuvens e na chuva para ácido carbônico- ácido levemente fraco que confere a chuva um pH de 5,60, indicando sua acidez (FIGUEIREDO, 2001).

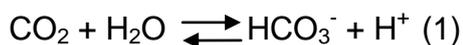
Atualmente, a água da chuva é encarada pela legislação brasileira como esgoto, pois o seu percurso que vai dos telhados e dos pisos para as bocas de lobo, levando consigo todo tipo de impureza sejam elas suspensas ou simplesmente por arraste mecânico, para um córrego que desembocará em um rio, que por sua vez será destinada a alguma estação de tratamento de água potável. Mesmo com o processo de diluição e autodepuração ao longo do seu trajeto, nem sempre ela estará depurada.

Segundo Iwanami (1985), é de suma importância a realização do planejamento da aplicação do sistema de aproveitamento pluvial para que a capacidade de água a ser coletada e armazenada seja verificada, como também deve se verificar a necessidade de tratamento adequado que garanta a qualidade compatível com sua prevista utilização.

De forma generalizada, são encontradas nas águas da chuva o sódio, cálcio, magnésio, potássio, cloreto, sulfato, amônio e nitratos- todos em suas formas iônicas. O dióxido de carbono, dióxido de enxofre, ácido nítrico e

amônia são encontrados na atmosfera na forma gasosa e controlam, principalmente, o pH da chuva. Enquanto os ácidos liberam íons hidrogênio e fazem com que o pH dessa água diminua, a amônia contribui do modo reverso, pois, quando hidrolisada, ocorre a formação de íon amônio – com o consumo de um íon de hidrogênio para cada molécula que sofre hidrólise (DE MELLO, 1997).

As reações de equilíbrio que expressam o pH da chuva são descritas abaixo:



Segundo Haag (1985), a reação 1, em condições normais, predomina e fixa o pH no valor de 5,65. Portanto, é denominada chuva ácida toda e qualquer chuva que apresente um valor de pH inferior ao usado como base acima. Eventualmente, valores de pH inferiores 5,60 são indicativos que ácidos fortes são encontrados na chuva .

A poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão potencializa o risco de formação da chuva ácida. Essa chuva adquire um efeito corrosivo a uma gama de metais, calcário e outras espécies químicas.

Normalmente, longe dos grandes centros urbanos os níveis de poluição e contaminação atmosférica são baixos ou brandos, não atingindo concentrações substanciais, capazes de comprometer significativamente a qualidade das águas de chuva. Salvas raras exceções, a água de chuva é a água natural disponível de melhor qualidade.

Metais pesados são potencialmente perigosos em áreas com intenso tráfego humano ou nos arredores industriais. Organoclorados e organofosfatados, ambas substâncias químicas orgânicas e de uso em lavouras como pesticidas, praguicidas e herbicidas quando encontrados em altas concentrações na atmosfera, podem também contaminar a água da chuva. Todavia, essa contaminação normalmente é limitada a zonas urbanas e industriais fortemente poluídas e, mesmo assim, nesses locais se verifica boa qualidade química para a água de chuva (dureza, alcalinidade, salinidade etc.) para vários usos, segundo Andrade Neto, (2003).

A seguir na Tabela 3, são apresentados valores de pH médios e a presença de algumas espécies iônicas presentes na água de chuva de algumas regiões do Brasil em períodos distintos, na Tabela 3. A referência de cada dado é dada abaixo da tabela anterior.

Tabela 3- Comparação de valores médios de pH e concentrações medias ponderadas pelo volume ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) de algumas espécies iônicas presentes em águas de chuva para diferentes regiões do Brasil

	Data	pH	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Vila Parisi (SP)	2/1984 a 10/1985	>5, 5	172	70,6	250	84,8	346	93,5
São Paulo (SP)	10/1983 a 10/1985	5,0	16,6	30,0	24,0	10,0	20,0	37,8
Amazônia Central (AM)	10/1988 a 6/1990	4,7	4,6	4,2	1,0	2,4	1,2	3,0
Rio de Janeiro (RJ)	9/1988 a 8/1989	4,7 7	66,6	15,8	20,6	62,6	15,1	18,8
Belo Horizonte (MG)	10/1993 a 2/1994	5,1 5	-	12,0	12,6	-	22,0	18,1
Piracicaba (SP)	8/1997 a 7/1998	4,5	6,0	13,8	7,4	2,1	2,1	11,6
São Paulo (SP)	7/2002 a 2/2003	4,9 9	8,54	21,2	12,4	15,0	5,33	37,6
Figueira (PR)	6/1999 a 6/2000	5,0	16	13	35	35	16	30,0
Candiota (RS)	1/2001 a 6/2001	5,3 3	7,57	5,22	7,3	5,27	4,42	5,81
Ilha Grande (RJ)	3/2002 a 9/2002	5,0 5	178, 2	12,0	17,4	142,2	4,6	9,9

Fonte: Revista USP nº 70. São Paulo, agosto de 2006.

As indústrias foram as principais responsáveis pelas altas concentrações de poluentes atmosféricos durante o período dos anos 70. De tal modo, a partir de 1980, ações governamentais foram desenvolvidas para controlar a emissão dos mesmos.

Estudos recentes que indicam a presença de quantidades relativamente maiores de íons nitrato e amônio em águas de chuva nas zonas urbanas são alusivos da influência das emissões veiculares nesses ambientes. O aumento do número de veículos é o principal gerador de problemas relativos à poluição atmosférica em grandes centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro, pois tanto veículos movidos a gasolina quanto os movidos a álcool são emissores de importantes precursores dos constituintes das chuvas ácidas.

Devido aos problemas causados pela poluição gerada por veículos, a Cetesb e o Conselho Nacional do Meio Ambiente vêm seguindo o Programa de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), que foi implementado

Para a utilização da água de chuva de acordo com a sua qualidade, será necessário um tratamento da mesma para que se enquadre em uma qualidade padrão destinada a sua finalidade. A Tabela 4 apresenta algumas atividades humanas e para o uso da água em cada uma delas, o seu devido tratamento.

Tabela 4- Tipos de tratamentos necessários de acordo com a utilização da água

<b>Utilização da água</b>	<b>Tratamento necessário</b>
Rega de jardins	Nenhum tratamento
Aspersores de irrigação Combate a incêndio Ar condicionado	Tratamento necessário para manter o armazenamento e equipamentos em boas condições
Lago/fonte Descarga no vaso sanitário Lavar roupas Lavar carros	Tratamento higiênico é necessário devido ao possível contato humano com a água
Piscina/banho Cozinhar/comer	A desinfecção é necessária porque a água é ingerida indiretamente ou diretamente

Fonte: Group Raindrops (1995)

#### 4.8. Padrão de potabilidade

Toda e qualquer água destinada ao consumo humano deve ser objeto de controle e vigilância de qualidade. Portanto, parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radiativos devem obedecer a um padrão de potabilidade onde a saúde não seja colocada em risco por algum desses parâmetros.

A água potável não deve ter sabor desagradável, ou seja, objetável, possuir uma baixa turbidez e baixa unidade de cor aparente. Deve também estar isenta de *Escherichia Coli* ou coliformes termotolerantes (em 100 mL) e não apresentar substâncias químicas em concentrações que possam causar dano a saúde humana.

O ministério da saúde regulamenta o padrão para água consumida no país, segundo a portaria N<sup>o</sup>. 518 de 25 de março de 2004. O referido padrão está relatado na Tabela 5, abaixo.

Tabela 5- Padrão de aceitação para consumo humano

Parâmetro	Unidade	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Coliformes fecais	NMP	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	NMP	Ausência em 100 mL
Cor aparente	Mg PtCo/L <sup>(2)</sup>	15
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Gosto	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
pH	-	6,0-9,5
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT <sup>(4)</sup>	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

Notas: <sup>(1)</sup> Valor máximo permitido, <sup>(2)</sup> Unidade Hazen (Mg Pt-Co/L), <sup>(3)</sup> Critério de referência, <sup>(4)</sup> Unidade de turbidez.

Fonte: Ministério da Saúde - Portaria 518, 2004.

As diretrizes do ministério da saúde tangem a norma de qualidade da água própria para o consumo humano, enquanto o CONAMA alude-se à destinação das águas ao abastecimento doméstico, após tratamento adequado, a proteção das comunidades aquáticas, a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, e a criação de espécies destinadas à alimentação humana.

#### 4.9. Parâmetros de qualidade para água de chuva

A quantidade de impurezas presentes na água define a qualidade da mesma. Os parâmetros que a qualifica são apresentados em três classes: parâmetros físicos, parâmetros químicos e parâmetros biológicos. Os principais parâmetros físicos são descritos abaixo.

- Sólidos: são definidos como toda impureza presente no fluido. Dependendo da faixa granulométrica dessas partículas, elas podem ser denominadas suspensas ou dissolvidas. As partículas suspensas são constituídas principalmente de matéria orgânica e sedimentos oriundos de processos erosivos. Esse grupo de partículas fica retido após a

passagem de uma amostra de volume conhecido por um filtro com poro igual a 1,2  $\mu\text{m}$ . As partículas que passam por essa membrana filtrante são denominadas como sólidos dissolvidos.

- Temperatura: mede a intensidade de calor. Quando elevadas, aumentam as taxas de reações físicas, químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases dissolvidos.
- Condutividade: é a capacidade de transmissão de corrente elétrica pela água. Esse parâmetro pode ser medido pela presença indireta de sais que são componentes dos sólidos dissolvidos na água.
- Cor: a coloração da água se deve principalmente pela presença dos gases dissolvidos e pode ser classificada em aparente e verdadeira.
- Turbidez: representa o grau de alteração a passagem da luz através da água. É causada principalmente pela presença de sólidos suspensos que geram a difusão e absorção da luz.

Os parâmetros químicos são aqueles representados pela presença de elementos ou compostos químicos na água. Dentre eles, os principais são:

- pH: é representado pela concentração dos íons  $\text{H}^+$ . Sua faixa de variação é de 0 a 14 e o seu valor indica se a água analisada apresenta-se de forma alcalina ou ácida. Valores de pH menores do que 7,0 sugerem potencial de corrosividade, o que pode gerar danos à tubulação e deteriorar peças por onde o fluido escoar. Para valores superiores a 7,0, observa-se a formação de incrustações em tubulações.
- Alcalinidade: capacidade de neutralização dos íons  $\text{H}^+$  através da quantidade de íons presentes na água.
- Dureza: é representada pelas concentrações dos cátions  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na solução. A principal decorrência das águas duras é a diminuição da formação de espuma e conseqüente surgimento de incrustações na tubulação de água quente.
- Cloretos: é resultado da dissolução de sais encontrados na água. Em certas concentrações podem conferir um sabor salgado a amostra.
- Ferro e Manganês: são originários da dissolução de componentes encontrados no solo. Quando estão presentes na forma dos íons  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ , podem causar coloração na água.
- Fósforo: presente na forma de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Pode ser originado de excrementos, de compostos biológicos ou de células.
- Nitrogênio: pode ser encontrado na forma de nitrogênio molecular, de nitrogênio dissolvido ou em suspensão, de amônia, de nitritos ou de nitratos. A forma predominante deste composto indica o estágio de poluição do sistema, sendo ela classificada em recente ou remota.
- Sulfatos: podem ser indicadores de poluição de uma fase de decomposição orgânica e dependendo de sua concentração, pode ocasionar efeitos laxativos.
- Matéria orgânica: é medida na água conforme o consumo de oxigênio dissolvido na água. Essa medida se expressa como DBO e DQO. A DBO, demanda bioquímica de oxigênio, representa aproximadamente a quantidade de matéria orgânica biodegradável. A DQO, demanda

química de oxigênio, é realizada através da oxidação da matéria orgânica em meio ácido.

Os parâmetros biológicos indicam a presença de seres vivos na água e encontramos mais comumente nas análises:

- Coliformes totais: são utilizadas como bioindicadores de contaminação, por um grupo de bactérias do grupo coliforme. Normalmente, esse grupo de bactérias não é patogênico, porém eles indicam o potencial de patogenicidade na água examinada.
- Coliformes termotolerantes: são bactérias oriundas do trato intestinal humano de outros animais, tendo como principal constituinte de grupo a *Escherichia coli*- que pode ser patogênica ou não-. A presença dessa bactéria indica que ocorreu a contaminação da água por fezes.

#### 4.10. Padrão da água em processos industriais

A água utilizada na indústria pode ter diversas aplicações. Seu uso pode ser empregado na geração de vapor, em torres de resfriamento, como insumo e também transporte e assimilação de contaminantes.

Segundo Rebouças (2004), a água utilizada para a matéria prima é incorporada ao produto final. O grau da qualidade de água para essa atribuição pode variar bastante, podendo ser exigidas características até mesmo superiores às da água usada para consumo humano. Indústrias de bebidas, conservas e de cosméticos são exemplos do uso de água como matéria prima.

Para se preparar soluções, reagentes ou operações de lavagem, o grau da qualidade da água para o fluido auxiliar depende da destinação de seu uso, assim como para a matéria prima. Para a geração de energia, a água é utilizada em estado natural, oriunda diretamente de um rio, lago ou outro sistema qualquer de acumulo, sempre com cautela com os materiais que possam vir a danificar os dispositivos do sistema. Para o uso como fluido de resfriamento e aquecimento, a água é então aquecida (normalmente na forma de vapor) para remover o calor de misturas reativas que exijam o resfriamento devido à geração de calor já que o aumento da temperatura pode danificar equipamentos e comprometer o desempenho do sistema. Para o transporte e assimilação de contaminantes, a água é usada em instalações sanitárias, na lavagem das instalações e equipamentos ou ainda é usada para incorporar subprodutos gerados pelo processo industrial.

A água utilizada na limpeza de equipamentos deve possuir elevado grau de pureza, visto que em alguns processos a presença de certas substâncias ou micro-organismos não é aceitável. Essa exigência por características superiores de qualidade são comuns, por exemplo, em indústrias farmacêuticas e de química fina.

Muito se fala sobre o aproveitamento não potável das águas de chuva. Porém, essa água também pode ser usada para fins potáveis. Na indústria, essa água pode ser usada potencialmente devido ao grande consumo da "commodity", como também grandes áreas de telhado - favorecendo assim a captação dessa água. Porém, como já foi dito anteriormente, é necessária a realização de análises prévias para a determinação do seu uso e também o tipo de tratamento necessário para atender a qualidade requerida.

A elevada dureza da água, por exemplo, faz com que a transferência de calor em sistemas de geração de vapor seja diminuída. A utilização direta das águas *in natura* gera um processo de evaporação da fase líquida, com conseqüente concentração de produtos minerais dissolvidos. Alguns desses produtos depositados são de fácil remoção (lodo), já outros materiais não gozam dessa facilidade e podem se incorporar à própria parte metálica.

Comumente, as águas de chuva possuem baixas concentrações de sais de magnésio e cálcio, sendo de bom aproveitamento para processos industriais especialmente para geração de vapor (Sperling, 1996). Nas caldeiras, onde ocorre a geração de vapor, a qualidade da água é influenciada diretamente pela pressão atribuída ao sistema em que será submetida, como representado na Tabela 6.

Tabela 6- Especificação para água de um gerador de vapor

<b>Pressão de operação da Caldeira (psig)</b>							
<b>Parâmetros</b>	0 a 300	301 a 450	451 a 600	601 a 750	751 a 900	901 a 1000	1001 a 1500
PH	8,3 a 10	8,3 a 10	8,3 a 10	8,3 a 10	8,3 a 10	8,8 a 9,6	8,8 a 9,6
Dureza total (mg/L)	≤0,3	≤0,3	≤0,2	≤0,2	≤0,1	≤0,05	ND
Ferro total (mg/L)	≤0,1	≤0,05	≤0,03	≤0,025	≤0,02	≤0,02	≤0,01
Sílica (mg/L)	7,5 a 25	2,5 a 15	1,3 a 5,0	1,3 a 2,5	0,8 a 2,5	0,2 a 1,5	0,2 a 0,3

Legenda: ND = não detectável

Fonte: Adaptado de Kremmer (1988), Port (1991) & Macedo (2001)

A aplicação da água como fluido de refrigeração é também usado por muitas indústrias. Para essa finalidade, microrganismos e sais de cálcio e magnésio devem ser evitados. Na presença dos sais de cálcio e magnésio, pode ocorrer a formação de depósitos de silicato e carbonatos de cálcio no interior dos equipamentos, provocando a diminuição da eficiência do trocador de calor. O crescimento de algas afeta a taxa de transferência de calor. Além da queda na eficiência da operação, pode ocorrer também corrosão da tubulação devido à presença de gases dissolvidos e do tratamento inadequado da água. Com isso, a economia do processo é afetada. Segundo Beber (2004), esses fatores afetam diretamente a economia do processo. A Tabela 7 apresenta os limites da qualidade da água para refrigeração, com tubulação composta de aço carbono e de capacidade volumétrica de 0,5 a 2,3 metros

cúbicos. Ressalta-se que além dos valores representados abaixo, é necessário que haja um tratamento complementar com a utilização de dispersantes.

Tabela 7- Especificações de um sistema de refrigeração utilizando a água como fluido refrigerante

<b>Parâmetros</b>	<b>Limites</b>
pH	6,8 a 8,7
Alcalinidade total (mg/L)	≤300
Dureza total (mg/L)	≤300
Sílica (mg/L)	≤180
Condutividade (µS/cm)	≤3500
Cont. microbiológica (Col./mL)	Máx 50000

Fonte: Beber (2004).

O consumo de água é considerável em diversos setores industriais e como consequência, geram uma enorme quantidade de efluentes. Diferentes atividades industriais demandam diferentes quantidades de água em seu processo e produzem efluentes com características próprias.

A qualidade da água demandada para a indústria de cervejas deve ser potável e isenta de cloro e flúor. Sais como o sulfato de cálcio e cloreto de sódio devem ser adicionados à água quando não estiverem em concentrações desejadas para o processo. O cloreto de sódio além de estimular a ação enzimática, melhora o gosto da bebida. O amargor no sabor e certa turbidez são conferidos pela presença de ferro e manganês. A presença de flúor e cloro leva a mortandade das espécies responsáveis pelo processo fermentativo. Segundo Santos Filho (1985), as cervejarias modernas empregam águas desmineralizadas convenientemente tratadas para se obter uma constância na qualidade da água e cervejas produzidas.

Para a produção de refrigerantes, o uso direto da água vinda do abastecimento público não acontece. Essa água passa por tratamentos específicos para que apresentem a qualidade requerida para tal processo. Esse tratamento inclui normalmente a remoção de cloro, o ajuste de alcalinidade, a redução de dureza total e remoção de matéria suspensa.

Na indústria de alimentos, deve-se atentar bastante a contaminação dos alimentos por certos produtos utilizados no tratamento de condensados. É de suma importância que o vapor que entra em contato com o alimento seja puro, pois ao passar pela caldeira esse vapor pode carrear óxidos de ferro que são indesejáveis a produção de alimentos.

Segundo Beber (2004), para a indústria têxtil, é observado o requerimento, de um modo geral, que a água apresente baixa turbidez, seja livre de ferro, manganês e matéria orgânica. Na parte de tinturaria, a água deve possuir baixa alcalinidade e dureza total e concentrações de manganês e óxido de alumínio também baixas. Os valores altos para a alcalinidade fazem com que não ocorra a uniformização da cor no processo de tingimento. A presença de ferro e manganês tende a conferir aos tecidos cores foscas. As soluções para o branqueamento assim como as soluções para a lavagem das fibras

devem apresentar baixa dureza total, sendo preferível a dureza zero, quando possível.

Para a indústria de plásticos, baixas concentrações de ferro e manganês são desejáveis, pois em concentrações impróprias os plásticos podem apresentar um aspecto manchado. Verifica-se que água não deve exceder a 2 unidades Hazen e concentrações de ferro e manganês inferiores a 0,02 ppm. Normalmente, a água necessita de um tratamento específico através de resinas catiônicas para que o ferro e manganês sejam reduzidos à concentração requerida (SANTOS FILHO, 1985).

Para a indústria farmacêutica, para cada componente de preparação deve haver a purificação de acordo com os requisitos obrigatórios para a água purificada, injetável ou estéril. Sendo assim, a água destinada ao setor farmacêutico deve obedecer aos padrões de potabilidade da água (Macedo, 2001). A tabela 8 abaixo apresenta alguns dos parâmetros importantes em diferentes setores industriais.

Tabela 8- Qualidade da água requerida para determinados tipos de indústrias

Parâmetros	Tipos de Indústrias					
	Alimentos	Refrigerantes	Cerveja	Têxtil	Plástico	Farmacêutica*
pH	7,0	7,0	7,0	6,5 a 7,0	NE	6,0 a 9,5
Alcalinidade total (mg/L)	NE	50-100	<25	<20	NE	NE
Cloreto de Sódio (mg/L)	NE	NE	200	NE	NE	NE
Cloretos (mg/L)	<250	<250	1 a 20	NE	NE	<250
Cor aparente (uH)	ND	ND	ND	<5	<2	15
Dureza total (mg/L)	<85	<85	18 a 79	<10	NE	500
Ferro total (mg/L)	ND	ND	<0,2	<0,25	<0,02	0,3
Fluoretos (mg/L)	0,8	0,8	ND	NE	NE	NE
Magnésio (mg/L)	NE	NE	1 a 6	<0,25	NE	NE
Manganês (mg/L)	ND	ND	<0,2	<0,25	<0,02	0,1
Sabor e odor	NO	NO	NO	NE	NE	NO
SDT (mg/L)	<500	<500	50 a 150	NE	NE	<1000
Sulfato de cálcio (mg/L)	NE	NE	100 a 200	NE	NE	NE
Sílica (mg/L)	NE	NE	1-15	NE	NE	NE
Turbidez (UT)	<5	<5	<4	<5	<2	<5
E. coli (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	NE	NE	Ausente
Colif. totais (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	NE	NE	Ausente

Obs\*: valores especificados para processos de purificação no setor farmacêutico aos quais a água é submetida.

Legenda: ND = não detectado ou ausente, NE = não especificado, NO = não objetável.  
 Fonte: Adaptado de Santos Filho (1985), Macedo (2001) e Cervesia (2005).

#### 4.11. Perspectiva futura e questões ambientais

Dos processos de destruição ambiental-direta ou indireta, a degradação ambiental é o que apresenta aspectos de maior criticidade. Regiões que antes possuíam um parque hídrico expressivo, hoje começam a dar indícios de insuficiência sendo esse explicado pelo desperdício com a exploração excessiva, o assoreamento de rios e a poluição das fontes. A maior parte

desses problemas é originada na explosão da agricultura industrial que é regulada pela grande demanda por consumo humano.

A despoluição hídrica não é um problema econômico e social, visto que não existem recursos suficientes para implantar os sistemas de purificação de efluentes líquidos com tecnologia disponível. A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos mananciais em muitas regiões do globo exigem a conscientização e mudanças de atitude em relação ao uso da água. A desigualdade da distribuição e o desperdício das águas são dois grandes motivos que explicam os motivos que fazem com que mais de 1,4 bilhão de pessoas ainda não possuem acesso à água potável. Para o Banco Mundial, a necessidade de investimento calculada para resolver o problema da escassez da água foi de 600 bilhões de dólares até o ano de 2010 (VICTORINO, 2007).

Quanto ao desperdício, a agricultura é responsável por 70% da demanda de água no planeta. Essa porcentagem torna-se ainda maior quando se trata de países subdesenvolvidos, às vezes chegando à 90%. A água potável perdida nos vazamentos de sistemas de distribuição em média é de 50%. Se nenhuma atitude for tomada em relação a esse desperdício, em 2025 serão mais de 4 bilhões de pessoas no mundo com problemas de dessedentação (REBOUÇAS, 1997). Nas grandes cidades, o lixo é depositado em aterros sanitários com algum controle ambiental, mas nas cidades pequenas o lixo é disposto a céu aberto em lixões que acabam contaminando os cursos d'água e o meio ambiente como um todo.

O consumo de água doce nos países industriais está entre 120 e quase 300 litros diários. Os EUA lideram o ranking do consumo com 295 litros per capita por dia. A Alemanha está no fim da escala, com 128 litros e já busca melhorar esse índice com uma série de novos projetos para reduzir o consumo (REBOUÇAS, 1997). A cidade de Brandemburgo desponta como modelo, onde, purificando biologicamente as águas demandadas e realizaram o aproveitamento das mesmas na agricultura.

Em grande parte do terceiro mundo, os cursos d'água são poluídos com todo o tipo de entulhos e dejetos. Muitos países carecem de legislação básica sobre a qualidade da água. Os rios da Índia são os que expressam a poluição em maior nível, visto que em suas águas é jogado todo o esgoto produzido no país e, ainda, carregam para o mar o lixo das áreas urbanas, rurais e das fábricas. O Ganges é uma amostra desse grandioso problema, com 2525 quilômetros totalmente poluídos por dejetos e por quantidades cada vez maiores de efluentes tóxicos perigosos.

A problemática da água no mundo começa a se tornar dramática na medida em que o futuro se avizinha em relação à forma de sua utilização, distribuição, aproveitamento e retorno a natureza. Na realidade, não é verdade que não exista água suficiente para abastecer a população mundial: sua distribuição espacial que é inadequada, bem como sua má gestão, fatores estes que geram essa insuficiência.

É estimado, teoricamente, que exista água doce para satisfazer as necessidades de uma população dez vezes superior a atual. As estimativas do Banco Mundial atestam que mais de um milhão de habitantes no mundo não possuem torneiras em suas moradias e mais de 1,7 milhão de pessoas não possuem saneamento adequado. Em alguns países da República Centro-Africana, 88% dos habitantes não dispõem de água limpa e na Etiópia 81% da

população sofrem do mesmo problema. Na Índia e no Norte da África, muitas mulheres precisam caminhar diariamente por horas para conseguir água.

Uma das possíveis maneiras para que os países possam tratar a poluição de seus recursos hídricos é através da implementação de estratégias integradas de administração que não apenas ajude a limpar os cursos d'água e também promova a conscientização para que a poluição seja impedida. É necessário evitar o desperdício, cessar processos poluentes e criar novas alternativas para o controle, a captação e a distribuição da água.

## 5. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado com base no estudo de caso real e abordou o monitoramento da quantidade de água da chuva no segundo semestre de 2012 onde uma amostra da água contida no reservatório foi retirada no mês de setembro de 2012, na unidade piloto representada nas Figuras 6 e 7 abaixo, que se encontra instalada no Centro de Tecnologia, na unidade de triagem do Recicla CT e também aborda a qualidade dessa água coletada para que ela possa receber destinações específicas. A caixa d'água escolhida é a do modelo tanque slim de polietileno, da empresa FORTLEV com 2,66 m de altura, 2,70 m de comprimento e 0,45 m de largura e capacidade volumétrica de 2 m<sup>3</sup>. Possui um separador de folhas com entrada para a tubulação de 100 mm que ao ser adaptado no sistema de coleta, retém materiais grosseiros como folhas, galhos entre outros que possam vir a afetar a qualidade da água dentro do reservatório. Esse tipo de tanque tem sido considerado como solução exclusiva e inovadora da Fortlev, pois é ideal para armazenar água de chuva em pequenos espaços devido ao seu design e facilidade de instalação.



Figura 6- Foto da unidade Piloto de captação das águas de chuva do Programa Recicla CT

**Fonte: Martinelli (2012)**



Figura 7- Foto do centro de triagem com o sistema coletor de água de chuva do Recicla CT

Fonte: Martinelli (2012)

O monitoramento da água captada das chuvas foi realizado mediante medição de nível, através de um sistema montado com uma madeira de pequena espessura que ao ser introduzida na caixa d'água fornece um valor em referência de nível. Inserindo este valor em um programa computacional, se pode estimar a capacidade volumétrica do reservatório em análise - captado na caixa d'água - assim como se pode também verificar a frequência das chuvas.

Da água captada, foram coletadas amostras para que as análises físico-químicas fossem realizadas na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e em outros laboratórios de forma que, de acordo com os parâmetros analisados, fosse possível realizar uma avaliação qualitativa dessa água de chuva.

### 5.1. Do monitoramento

Foram usados 3 metros de madeira de pequena espessura para a medição da capacidade volumétrica do reservatório. Semanalmente essa altura foi registrada e guardada para a avaliação da frequência de chuvas.

Com essas medidas de nível, foi possível saber a capacidade útil do reservatório, assim como também o volume de chuva coletada através do software *Mathematica* que relaciona a altura com a capacidade volumétrica do tanque. O programa para a estimação do volume da água de chuva contida no reservatório está apresentado na figura 8.

```

Wolfram Mathematica 6.0 - [caixa.dagua.nb]
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help

caixa.dagua.nb

ClearAll;

D1 = 0.45;
D2 = 0.43;
D3 = 0.39;
esp = 0.03;
hmo = 0.60;
Lvaio = 0.13;
Largura = 2.7;
B0 = 0.45;

D1 = D1 - 2 * esp;
D2 = D2 - 2 * esp;
D3 = D3 - 2 * esp;
Largura = Largura - 2 * esp;

B3 = B0 - esp;
B1 = B3 - D1 / 2;
dH = D1 * Sin[ArcCos[D3 / D1]] / 2;
B2 = B1 + dH;
B4 = B0 + Bvaio + esp;
B5 = B4 - D3;
B6 = B5 + Bvaio + 2 * esp;
B7 = B6 + D1 / 2 - dH;
B8 = B6 + D1;

Bref = esp;
Bf = B1;
A1[h_] := (Largura - D1) * D1 + x * D1^2 / 4;
V1[h_] := Integrate[A1[h] - Bref], {h, Bref, h1};
V2f = V1[Bf];

Bref = B1;

```

Figura 8- Layout do programa gerado para a estimação do volume pluvial contido no reservatório

## 5.2. Das análises físico-químicas

As amostras de água de chuva foram coletadas, armazenadas em um recipiente de 5 l, identificadas e encaminhadas ao CPRM em menos de 48h para conseguinte análise da qualidade dessa água e aos demais laboratórios. Os resultados dos parâmetros analisados permitiram avaliar possíveis destinações para a água captada.

As técnicas analíticas para a análise dos parâmetros utilizados para a qualificação da água foram determinadas de acordo com o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, conhecido pela sigla SWEWW. Os parâmetros e sua respectiva técnica analítica seguem abaixo:

- Condutividade: método de laboratório, de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition, 2005.
- Turbidez: método NEPHELOMETRIC, de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition, 2005.
- pH: método ELECTROMETRIC, de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition, 2005.
- Dureza total: método EDTA Titrimetric, de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition, 2005.
- Oxigênio consumido: Respirometric Method, de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition, 2005.

- Carbonato e bicarbonato: método TITRATION, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Cor aparente: método de comparação visual, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Odor a frio e a quente: Threshold Odor Test, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Sólidos em suspensão: de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Cloreto: Argentometric Method, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Cálcio: EDTA Titrimetric Method, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Nitrito: Colorimetric Method, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Nitrato: Nitrate Electrode Method, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Ferro: Phenanthroline Method, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Fosfato: Ion Chromatography Method, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
- Magnésio: Inductively coupled plasma/mass spectrometric Method, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Monitoramento quantitativo

A frequência da chuva foi monitorada durante o semestre conforme foi descrito na metodologia pela variação do nível da coluna de água em metros e é apresentado na tabela 9. Na primeira medição, devido às chuvas de agosto de 2012, a caixa d'água apresentou sua capacidade volumétrica total. No decorrer do mês de setembro é observado o decaimento da altura da coluna de água devido ao consumo e a não ocorrência de chuvas no respectivo mês. A figura 9 representa a curva gerada pelo software *Mathematica*, mostrando que o volume da água de chuva se comporta quase que linearmente com a variação da altura de coluna de líquido para uma mesma seção, ou seja, o mesmo diâmetro e com uma pequena variação na curva que é gerada pela mudança do diâmetro da seção. A mesma estimativa também foi realizada o

programa Excel como parâmetro de confiabilidade do modelo desenvolvido para a caixa d'água, apresentado na figura 10.

Tabela 9- Volume de água na caixa d'água relacionada com a altura da coluna de água

Medições	Altura da coluna de água (m)	Volume de água (m <sup>3</sup> )
1 <sup>a</sup>	2.41	2.00
2 <sup>a</sup>	2.38	1.98
3 <sup>a</sup>	2.15	1.76
4 <sup>a</sup>	1.86	1.54
5 <sup>a</sup>	1.62	1.38
6 <sup>a</sup>	1.38	1.22

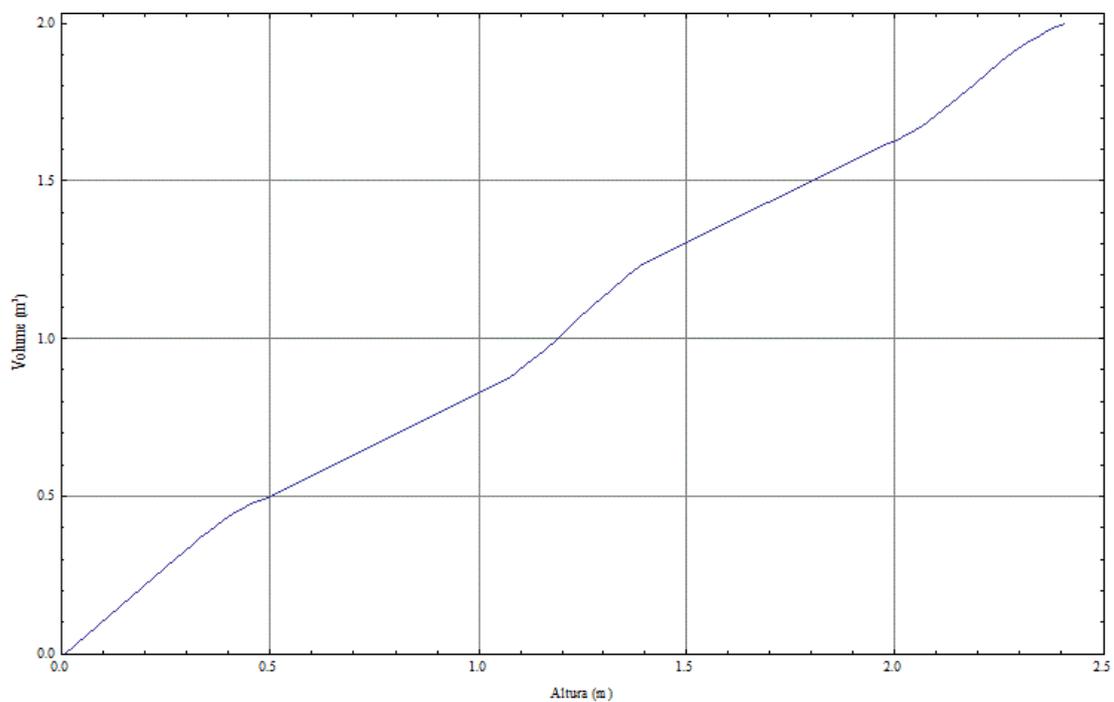


Figura 9- Estimação do volume pluvial no *Mathematica* de acordo com a altura de coluna de líquido

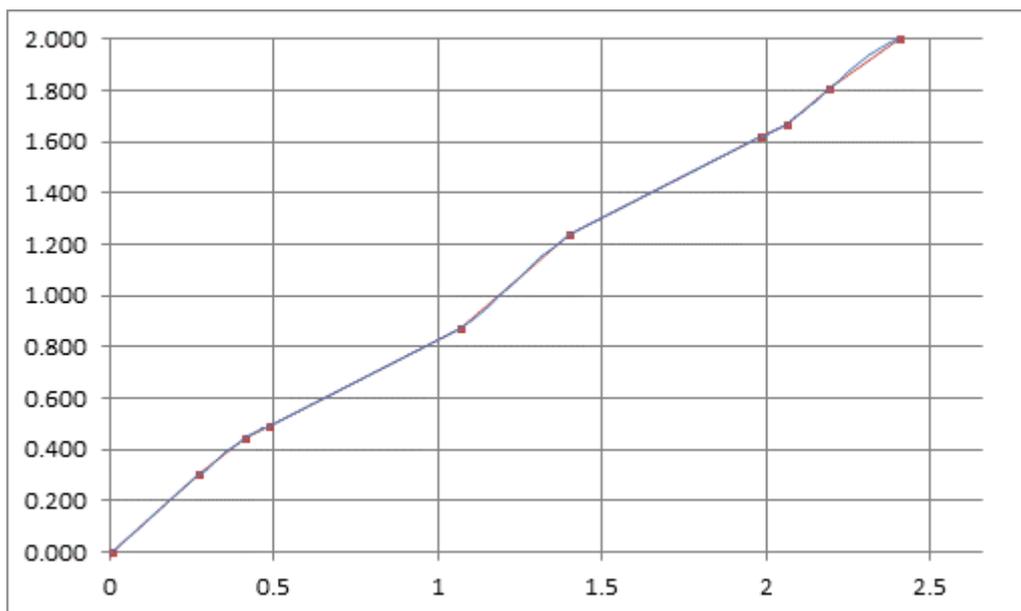


Figura 10- Estimação do volume pluvial no Excel de acordo com a altura de coluna de líquido

## 6.2. Resultados das Análises Físico-Químicas da água captada da chuva

Os resultados obtidos nas amostras de água de chuva são mostrados segundo os parâmetros físico-químicos analisados na Tabela 10.

Tabela 10- Resultados obtidos da Análise Físico-Química da Água de Chuva

<b>Parâmetros Analisados</b>	<b>Valores</b>
pH	7,2
Condutividade a 25°C	79,4 $\mu$ S/cm
Cloreto	4,34 mg/L
Cor Real	2,3 u Hazen
Cor Aparente	2,5 u Hazen
Turbidez	0,02 u T
Dureza Total	27,50 mg/L
Nitrito	< 0,01 mg/L
Nitrato	3,54 mg/L
Cálcio	7,70 mg/L
Magnésio	1,34 mg/L
Ferro Total	< 0,01 mg/L
Sólidos em suspensão	< 5 mg/L
Fosfato	< 0,12 mg/L
Oxigênio consumido em meio ácido	2,20 mg/L
Oxigênio consumido em meio básico	1,20 mg/L
Fluoreto	0,22 mg/L
Odor	Inodoro

### 6.2.1. pH

O resultado esperado para água coletada de chuva é um pH ácido, devido à presença de gases como o dióxido de carbono e de enxofre presentes na atmosfera que, ao reagirem com a água da chuva, formam ácidos, fazendo com que o pH da água da chuva diminua.

O pH apresentou-se neutro, com valor de 7,2 para a amostra de água de chuva coletada após a passagem pelo telhado. Essa alteração no pH da água coletada deve-se à contaminação devido ao contato com a superfície do telhado, podendo ser de cimento amianto ou cerâmico.

### 6.2.2. Condutividade

A amostra da água de chuva coletada após a passagem pelo telhado apresentou a condutividade no valor de 79,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicando depósitos de sais. Devido à proximidade do ponto da coleta com o oceano Atlântico, as formas iônicas como o Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Potássio ( $\text{K}^-$ ), Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ) justificam o valor dessa condutividade.

### 6.2.3. Cloretos

Na análise realizada, o valor referente ao cloreto ficou muito abaixo do valor de referência estabelecido pelo Ministério da Saúde através da Portaria Nº. 518, onde para o consumo humano o valor máximo permitido é de 250 mg/L. Vale ressaltar mais uma vez que a maresia conjuntamente com a passagem dessa água de chuva pelo telhado altera a concentração do íon em análise.

### 6.2.4. Cor e Turbidez

Da Portaria Nº. 518 temos que os valores máximos permitidos para cor e turbidez são 15 uH e 5 UT, respectivamente. Os valores referentes à análise e representados na tabela 10 estiveram bem abaixo do valor máximo permitido especificado pelo Ministério da Saúde, mostrando que a água é de boa qualidade.

### 6.2.5. Dureza

O valor máximo da dureza permitido estipulada pelo Ministério da Saúde é de 500 mg/L, mostrando que a água pode ser utilizada em processos industriais que utilizem sabão. O valor da dureza referente à amostra analisada é indicado na tabela 10, indicando boa qualidade da água.

### 6.2.6. Nitrito e Nitrato

A presença de nitrogênio na água é verificada de diversas formas, como nitrito e nitrato. A presença desses compostos fora da faixa de concentração

permitida pela portaria nº 518 é um indicativo de contaminação recente, procedente de material orgânico vegetal ou animal.

#### 6.2.7. Cálcio e magnésio

A presença desses íons na água não tem significado sanitário, entretanto podem ser danosos em usos domésticos e industriais pois podem originar a dureza das águas. Uma vez originada, a dureza pode causar incrustações nas tubulações como também reduzir a eficiência da transferência de calor nas caldeiras. Os valores da análise para a quantificação do cálcio e magnésio estão descritos na tabela 10.

#### 6.2.8. Ferro

O valor máximo permitido pela portaria N°518 especificado pelo Ministério da Saúde é de 0,2 mg/L. O valor referente à análise é indicado na Tabela 10.

#### 6.2.9. Sólidos em Suspensão (SS)

Os sólidos em suspensão apresentaram resultados insignificantes, com valor de 5 mg/L, como indicado na tabela 10. Valores mais elevados foram detectados nas ocorrências de chuvas com grande intensidade.

Este fato se deve a velocidade que as precipitações pluviométricas exercem sobre o telhado facilitando a remoção das partículas acumuladas superfície dos mesmos. Estudos realizados na China por GUANGHUI (2001) citado por TOMAZ (2003) mostram que a concentração de poluentes variavam com a duração da chuva. Nos primeiros minutos, os sólidos encontram-se em maior concentração.

#### 6.2.10. Fosfato

O fosfato total apresentou concentração inferior a 0,5 mg/L, como indicado na tabela 10. Essa concentração é influenciada pela poeira e limo acumulados no telhado.

#### 6.2.11. Oxigênio consumido

O oxigênio consumido em H<sup>+</sup> apresentou valores pequenos de concentração para a água após passar pelos telhados, como indicado na tabela 10.

#### 6.2.12. Fluoreto

O teor de fluoreto máximo permitido e determinado pela portaria N° 518 é de 1,5 mg/L. Na amostra realizada, o valor desse parâmetro indicado na tabela 10 ficou abaixo do estabelecido pela legislação . Geralmente os índices elevados de fluoreto são encontrados em águas subterrâneas e águas tratadas.

### 6.2.13. Odor

O odor, em todas as amostras, apresentou-se inodoro. Para fins de potabilidade, é estabelecido que o odor seja inobjetablel, mas é permitido em águas desinfetadas um leve odor de cloro.

Os valores de comparação para os parâmetros analisados de forma a verificar a potabilidade da água estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11- Comparação dos parâmetros analisados para a verificação da potabilidade da água

<b>Parâmetros Físico-químicos</b>	<b>Água Potável</b>	<b>Resultados das análises com água de chuva captada</b>
Aspecto ao natural e após fervura	-----	Límpido
Odor a frio e a quente	Não objetável	Inodoro
Sólidos em suspensão		< 5,0
Cor Real	15 uH	2,3 uH
Cor Aparente	15 uH	2,5 uH
Turbidez	5 uT	0,02 uT
pH	6,5 a 8,5	7,20
Condutividade a 25°C		79,4 µS/cm
Dureza	500 mg/L	27,50 mg/L
Oxigênio consumido em meio ácido	----	2,20 mg/L
Oxigênio consumido em meio alcalino	-----	1,20 mg/L
Bicarbonato	----	21,99 mg/L
Nitrito	1 mg/L	< 0,01 mg/L
Nitrato	10 mg/L	3,54 mg/L
Cloreto	250 mg/L	4,34 mg/L
Potássio	0,1 mg/L	1,956 mg/L
Sódio	200 mg/L	2,487 mg/L

Cálcio	0,5 mg/L	7,700 mg/L
Magnésio	0,01 mg/L	1,340 mg/L
Ferro	0,3 mg/L	< 0,010 mg/L
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL	Não realizado

### 6.3. Considerações sobre a utilização industrial

Nas Tabelas 4, 5 e 8 são apresentadas sínteses comparativas dos requisitos para diferentes atividades industriais. Algumas considerações são descritas a seguir sobre essa comparação.

Para utilização industrial, na maioria dos processos, o pH é um parâmetro que domina também a maioria das reações. O valor do pH encontrado no reservatório foi de 7,2.

Esse valor está um pouco acima do especificado pelas indústrias de alimentos, cerveja, refrigerante e têxtil, pois para esses setores o valor do pH é de 7,0. Para a indústria farmacêutica e para fluidos refrigerantes, o pH não constitui um problema pois o valor especificado está dentro do valor de referência da análise e para a indústria de plásticos não temos especificado o valor do pH.

Para o parâmetro cor, temos que o valor da análise está acima do valor especificado para a indústria plástico.

Se for analisado o parâmetro ferro total, nota-se que os valores especificados para cada processo industrial estão de acordo com o valor de referência da análise.

Para as caldeiras e para as indústrias têxteis, o valor da dureza total está acima do valor de especificação.

Não foi feita a análise de parâmetros biológicos para a água analisada, então não podemos destinar o seu uso para as indústrias de alimentos, refrigerantes, cervejas e farmacêutica. Para as indústrias têxteis e de plásticos o valor para coliformes totais não é especificado.

Para os demais parâmetros não citados, temos que os valores de especificados estão de acordo com os valores encontrados nas análises físico-químicas.

## 7. CONCLUSÃO

- O reuso de água de chuva torna-se essencial nos tempos modernos devido ao cenário de escassez, pois nos próximos 30 anos a quantidade de água disponível por habitante sofrerá uma redução de 80%.
- Com a captação de água da chuva, cerca de dois bilhões de pessoas seriam beneficiadas, principalmente aquelas que não possuem acesso à água potável.
- A água pode ser avaliada em relação a sua qualidade, por parâmetros específicos que qualificam sua destinação de acordo com o resultado dos mesmos. Entre eles se destacam pH, turbidez, consumo de oxigênio entre outros.
- A qualificação da água torna-se necessária para que se possa atribuir a destinação correta desse bem de consumo, de forma que não haja equívocos nem desperdício do referido bem. A água da chuva sem tratamento pode ser usada para fins não potáveis de forma que poderia gerar economia de água potável, podendo ser utilizada para jardinagem, ornamentação, lavagem de automóveis, containers dentre outros.
- A água captada da chuva, na unidade piloto no Centro de Triagem Recicla CT, localizado no Centro de Tecnologia/UFRJ, foi analisada e caracterizada pelas técnicas analíticas empregadas e classificada como água potável, podendo assim receber uma destinação mais nobre.
- Comparando os valores de referência dos parâmetros físico-químicos de acordo com o Ministério da Saúde e os valores dos ensaios realizados, tem-se que a água é classificada como potável e possui limitações quanto o uso, apenas devido a não realização dos testes microbiológicos.
- O Centro de Tecnologia anualmente gasta cerca de R\$ 114.000,00 com a conta de água, o que significa um consumo anual de 16.814,16 m<sup>3</sup> de água de acordo com o tarifário da CEDAE, aplicada ao setor público em que para valores superiores a 15 m<sup>3</sup> de consumo é cobrado o valor de R\$ 6,78/m<sup>3</sup>.
- Sabe-se que a caixa d'água do centro de triagem, localizada no Centro de Tecnologia (CT) da UFRJ, atinge sua capacidade máxima quatro vezes ao mês, indicando economia de 8 m<sup>3</sup> de água mensais e portanto, 96 m<sup>3</sup> anuais. O valor em real da economia de água gerada por apenas uma caixa d'água do modelo tanque *slim* é pequeno comparado ao custo total de água do CT, visto que o mesmo é um parque industrial. No entanto para que a economia seja significativa, sugere-se a instalação de mais reservatórios de armazenamento como o utilizado neste trabalho e/ou dimensionamento de um reservatório maior para avaliar o uso da água de forma mais abrangente. Contudo, em outra perspectiva além da análise financeira encontra-se a frequente necessidade do

reuso e economia da água onde cada metro cúbico é superestimado. Com a classificação da água analisada como potável, a utilização da água da caixa d'água no centro de triagem pode ser designada para lavagem de containers e para lavagem de polímeros que serão destinados à reciclagem.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Agência Nacional de Águas (ANA).** *Água, fatos e tendências*. Brasília: ANA - CEBDS, 2006.

ANDRADE NETO, C. O.. **Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais**. 4º. Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva. Disponível em: <http://www.aquadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.html>. Acesso em: out. 2012.

**A ONU e a Água**. Disponível em: <http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>. Acesso em: out. 2012.

**BELLA CALHA.** Obras de Referência (2006a). Disponível em: [http://www.acquasave.com.br/index\\_acqua.php3?pg=obras](http://www.acquasave.com.br/index_acqua.php3?pg=obras). Acesso em: out. 2012.

CAMPANIL, M. **Almanaque Brasil socioambiental**. Editora ISA-SP, 2007. Ciclo da Água. Disponível em: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercucle.html>. Acesso em: out. 2012.

DE MELLO, W.Z., MOTTA, J.S.T.. **Acidez na chuva**. Revista Ciência Hoje, Vol. 6, Nº 34, 1987.

DYER, R.. **Promotion of rainwater catchment in Southern Africa**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 1999, Petrolina. Anais eletrônicos. Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em: [http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/start\\_inicio.html](http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html). Acesso em: set. 2012.

FIGUEIREDO, D.V. **Chuva ácida – Setor de Controle da Poluição – SAP**. Disponível em: [www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html](http://www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html). Acesso em: set. 2012.

GHANAYEM, M.. **Environmental considerations with respect to rainwater harvesting**. Palestine, Applied Research Institute- Jerusalem. In: Rainwater International Systems, Manhein, 2001. Proceedings. Germany, 2001.

GNADLINGER, J. Relatório sobre a participação no 3º Fórum Mundial da Água (FMA), em Kioto, Japão, de 16 a 23 de março de 2003. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/docs/relatorio3forum.pdf>. Acesso em: out. 2012.

GNADLINGER, J. **Colheita da água da chuva em áreas rurais**. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Hague. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>. Acesso em: out. 2012.

GROUPRAINDROPS. **Aproveitamento de Água de Chuva**. Curitiba, 2002.

GROUPRAINDROPS. **Rainwater and you: 100 ways to use rainwater**. Group Raindrops. Tóquio, 1995.

HAAG, H. P. **Chuvas ácidas**. Editora Fundação Cargill, 1985.

HELLER, L., Pádua V. L.. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

HESPANHOL, I. **Economia de água**. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente (BIO)*. Rio de Janeiro, abr./jun. 2001.

Iwanami, H.. **Rainwater utilization system in building**. In CIBW 62 SEMINAR, Tokyo Japan. Proceeding. 1985.

MACEDO, J.A.B., **Águas & Águas**. Ortofarma, 2000.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.. **Água na Indústria, uso racional e reuso**. Oficina de Textos, 2005.

**Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. GEO Brasil: recursos hídricos. Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília: MMA; ANA, 2007. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/salaimprensa/projetos/livro-GEO.pdf>. Acesso em: out. 2012.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE**. *Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano* – PORTARIA Nº 518 de 25/03/2004, Brasil.

MIRANDA, B. J. **Amazônia: área cobiçada**. AGE, 2005.

**Os recursos de água doce no mundo- situação, normatização e perspectiva**. Disponível em: [http://jusvi.com/files/document/pdf\\_file/0002/6109/pdf\\_file\\_texts\\_26109.pdf](http://jusvi.com/files/document/pdf_file/0002/6109/pdf_file_texts_26109.pdf). Acesso em: out. 2012.

**O risco da escassez**. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>. Acesso em: out. 2012.

PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

**Pluviograma da Estação da Vila Militar localizada no Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: out. 2012.

REBOUÇAS, C. A., Braga, B., Tundisi, G.J. **Água doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora, 1999.

REBOUÇAS, A.. **Uso inteligente da água**. Escrituras Editora, 2008.

**Revista USP**. Disponível em:

[http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S0103-99892006000300008&script=sci\\_arttext](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S0103-99892006000300008&script=sci_arttext). Acesso em: set. 2012.

**Revista ISTOÉ**. Edição 2093, 22/12/2009.

RIBEIRO, C. W. **Geografia política da água**. Editora Annablume, 2008.

SANTOS FILHO, D. F.. **Tecnologia de tratamento de água: água para indústria**. Almeida Neves LTDA, 1976.

**Standard Methods Online**. Disponível em: <http://www.standardmethods.org/>. Acesso em: out. 2012.

SOARES, D. A. F. et al. **Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Vitória, 1999. Anais. Vitória: ABRH, 1999.

TOMAZ, P.. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Navegar, 2003.

VIANA, S. N. J., do Nascimento, P. E.. **Economia, meio ambiente e comunicação**. Editora Garamond, 2006.

VICTORINO, A. J. C. **Planeta água morrendo de sede: Uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. EdiPUCRS, 2007.

ZAIZEN, M. *et al.* **The collection of rainwater from dome stadiums in Japan**. **Urban Water**, v. 1, 2000.