

**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL - ULBRA
ÁREA DE TECNOLOGIA E COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA
CHUVA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA BENTO MÓVEIS DE
ALVORADA - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

LEONARDO WEIERBACHER

Canoas, Novembro, 2008

**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL - ULBRA
ÁREA DE TECNOLOGIA E COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA
CHUVA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA BENTO MÓVEIS DE
ALVORADA - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Luterana do Brasil para obtenção do grau de Engenheiro Civil

LEONARDO WEIERBACHER
Matrícula nº051000891-7

Orientadora:
Prof. Ediane Rosa

Canoas, Novembro de 2008

**ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA
INDÚSTRIA MOVELEIRA BENTO MÓVEIS DE ALVORADA - RS**

LEONARDO WEIERBACHER
Matrícula nº051000891-7

BANCA EXAMINADORA

(Professor - nome e assinatura)

(Professor - nome e assinatura)

(Professor - nome e assinatura)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em: / /

Canoas, Novembro de 2008

Dedico este trabalho a todos meus
amigos, familiares e colegas de trabalho,
pois sem a ajuda de todos esta realização
não seria possível.

AGRADECIMENTOS

À prof. Ediane Rosa pela orientação, dedicação e incansável participação nesta importante etapa de formação, elementos fundamentais para a conclusão deste trabalho.

À prof. Jane de Almeida pelo apoio necessário na construção deste trabalho.

Ao meu pai e minha mãe, alicerces de princípios e valores indispensáveis nesta trajetória, sem os quais nenhuma conquista teria o mesmo significado.

À Aline, pelo apoio, dedicação e compreensão frente às dificuldades enfrentadas, a todos amigos e colegas em especial ao André e o Giandrei companheiros inseparáveis que tiveram grande relevância na conclusão deste feito.

“Cultive a única riqueza que ninguém
pode roubar: o estudo. O estudo é a
máquina que movimenta o mundo”.

Elton Ferlin

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE QUADROS	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	X
RESUMO	XI
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS	14
2.1.1 Recursos Hídricos no Brasil	15
2.1.2 Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul	16
2.1.3 Conservação de Água no Meio Urbano	18
2.2 CONSUMO DE ÁGUA	22
2.2.1 Consumo doméstico	22
2.2.2 Consumo industrial.....	24
2.2.3 Consumo de água da chuva	27
2.2.4 Padrão Requerido de Qualidade da Água para Consumo Humano	28
2.2.5 Padrão Requerido de Qualidade da Água para uso Industrial.....	29
2.2.6 Padrão de Qualidade da água da chuva	30
2.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	33
2.3.1 Parâmetros de Dimensionamento do Reservatório para Captação de Água da Chuva	33
2.3.2 Componentes Básicos de um Sistema para Captação de Água da Chuva	37
2.3.3 Normatização para Captação de Água da Chuva.....	41
3 ESTUDO DE CASO	43
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	43
3.2 CARACTERÍSTICA DA INDÚSTRIA.....	47
3.3 POSSÍVEIS LOCAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA INDÚSTRIA	49
3.4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	49
3.5 PREVISÃO DE CONSUMO DE ÁGUA	50
3.5.1 Previsão de consumo de água no processo industrial	50
3.5.2 Previsão de consumo de água pelos funcionários.....	51
3.5.3 Previsão de outros consumos de água na indústria.....	51
3.5.4 Previsão de consumo total de água na Indústria	52
3.6 ANÁLISE DOS PONTOS PARA COLETA DE ÁGUA DA CHUVA	52
3.7 DEMANDA DE ÁGUA DA CHUVA.....	56
3.8 ANÁLISE DO SUPRIMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA DA CHUVA	56
3.9 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	58
3.10 CUSTO DA OBRA.....	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
5 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	65
OBRAS CONSULTADAS	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo Hidrológico	14
Figura 2 - Usos múltiplos da água.....	19
Figura 3 - Esquema dos ciclos da água	20
Figura 4 - Representação do ciclo urbano da água como um sub-sistema do meio ambiente e da sociedade.....	21
Figura 5 - Perfil do consumo doméstico de água em um apartamento popular	23
Figura 6 - Reutilização de Água da Chuva com Bomba de Recalque.....	38
Figura 7 – Filtro para água captada	39
Figura 8 – Sistema first-flush	39
Figura 9- Cisterna de Polietileno.....	40
Figura 10 – Delimitação da área	43
Figura 11 – Jardim	44
Figura 12 – Fachada.....	44
Figura 13 – Indústria	44
Figura 14 – Indústria	45
Figura 15 – Setor administrativo	45
Figura 16 – Setor administrativo	45
Figura 17 – Açude.....	46
Figura 18 – Setor de pintura.....	46
Figura 19 – Fluxograma.....	47
Figura 20 – Fluxograma Ilustrado	48
Figura 21 – Dados da Estação	49
Figura 22 – Sistema de coleta de água da chuva.....	53
Figura 23 – Telhado da Indústria	53
Figura 24 – Filtro Volumétrico Sugerido	54
Figura 25 – Tela.....	55
Figura 26 – Bombas.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição de água.....	15
Quadro 2 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul. 15	
Quadro 3 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil	16
Quadro 4 - Divisão das Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande Sul	17
Quadro 5 – Consumo diário per capita	23
Quadro 6 - Distribuição do consumo de água na indústria por atividades	26
Quadro 7 - Distribuição do consumo de água na indústria por atividades	27
Quadro 8 – Demandas não potáveis.....	28
Quadro 9 – Padrões de aceitação para o consumo humano.....	29
Quadro 10 - Qualidade da água para cada tipo de indústria	30
Quadro 11 - Qualidade da água de acordo com o local de coleta.....	31
Quadro 12 - Diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme o uso.....	32
Quadro 13 – Método de Rippl	34
Quadro 14 – Método da simulação	35
Quadro 15 – Dados pluviométricos das chuvas médias mensais dos anos 2002, 2003, 2004 e 2006 ..	50
Quadro 16 – Dados para consumo de água	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Consumo de água das cabines de pintura	51
Tabela 2– Consumo de água gerado pelos funcionários	51
Tabela 3 – Previsão de consumo total	52
Tabela 4– Demanda de água total x Volume de água captado da chuva (Verificação 1)	57
Tabela 5– Pontos de consumo possivelmente atendidos pela captação pluvial	57
Tabela 6– Demanda de água total x Volume de água captado da chuva (Verificação 2)	58
Tabela 7– Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	59
Tabela 8– Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação	59
Tabela 9– Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação	60
Tabela 10– Custo de um reservatório enterrado de concreto armado.....	61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	- Agência Nacional de Águas
CORSAN	- Companhia Riograndense de Saneamento
NBR	- Norma Brasileira
PVC	- Poli Cloreto de Vinila
RS	- Estado do Rio Grande do Sul

LISTA DE ABREVIATURAS

hab	- Habitante(s)
km	- Quilômetro
km²	- Quilômetro(s) quadrado(s)
km³	- Quilômetro(s) cúbico(s)
L	- Litro(s)
m²	- Metro(s) quadrado(s)
m³	- Metro(s) cúbico(s)
mm	- Milímetro(s) cúbico(s)
n^o	- Número
R\$	- Reais
US\$	- Dólar

LISTA DE SÍMBOLOS

%	- Por cento
+	- Operação matemática de soma
-	- Operação matemática de subtração
/	- Operação matemática de divisão
x	- Operação matemática de multiplicação

RESUMO

WEIERBACHER, Leonardo. Estudo de Captação e Aproveitamento de Água da Chuva na Indústria Moveleira Bento Móveis Alvorada - RS. Canoas. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, ULBRA.

Resumo

Tendo em vista que a água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida, questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais destacadas na atualidade. As técnicas de aproveitamento de água pluvial são soluções sustentáveis que contribuem para uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos para as futuras gerações.

Este trabalho de conclusão de curso tem por finalidade o desenvolvimento de um estudo de caso para a captação e o aproveitamento da água da chuva em uma empresa do setor moveleiro localizada em Alvorada – RS.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos dias de hoje existem grandes preocupações da sociedade em relação à conservação dos recursos da natureza. Dentre estes, a água é um dos mais preciosos recursos, se tornando indispensável para vida de todos.

Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% é de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2006).

Apesar da água doce ainda ser encontrada em grande quantidade no planeta, em algumas regiões do mundo, suprir a demanda de água já está se tornando um problema em função do acelerado crescimento populacional, principalmente urbano. De acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), a atual população mundial é estimada em aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 9 bilhões em 2050, sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água. Com isso, cresce a necessidade da utilização de novas técnicas visando um melhor aproveitamento de água.

Para uso não potável podemos suprir em grande parte a demanda da população utilizando o método de captação e aproveitamento de água da chuva. A água coletada da chuva pode ser utilizada em torneiras de jardins, descargas de vasos sanitários, lavagem de roupas, calçadas e automóveis. Para aplicação desse sistema, é necessário realizar estudo de viabilidade técnica para sua implantação.

Neste trabalho será desenvolvido um estudo de aproveitamento da água da chuva em uma empresa do setor moveleiro apresentando um estudo de caso a partir de dados

pluviométricos da região de localização da empresa, a cidade de Alvorada, na região metropolitana de Porto Alegre RS.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica da captação de água da chuva para posterior aproveitamento na indústria moveleira Bento Móveis localizada em Alvorada, RS.

1.2.2 Objetivos Específicos

- **Levantar dados pluviométricos da estação meteorológica localizada na cidade de Viamão no Estado do Rio Grande do Sul;**
- Realizar o estudo hidrológico da região onde está inserido o empreendimento;
- Estudar as metodologias disponíveis de aproveitamento de água da chuva;
- **Descrever o empreendimento onde será desenvolvido o estudo;**
- Definir o consumo mensal de água no processo produtivo da indústria;
- Definir o uso que será dado a água da chuva captada;
- Determinar a área necessária para a coleta da água da chuva e o índice de aproveitamento dessa água;
- Apresentar o dimensionamento de reservatórios para o sistema de aproveitamento da água da chuva;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão abordados os conceitos fundamentais utilizados para elaboração desta pesquisa.

2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS

A água é a única substância que existe, em circunstâncias normais, nos três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) na natureza. A coexistência destes três estados implica que existam transferências contínuas de água de um estado para outro; esta sequência fechada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera é denominado por ciclo hidrológico.

A figura 1 demonstra o ciclo hidrológico para um melhor entendimento de como ocorre.



Figura 1 – Ciclo Hidrológico

Fonte: www.ambientebrasil.com.br

Pode definir-se ciclo hidrológico como a sequência fechada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa àquele, nas fases líquida e sólida. A transferência de água da superfície do Globo para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação (passagem direta da água da fase sólida para a de vapor).

No quadro 1 está demonstrada a distribuição de água no planeta em termos de volume armazenado nos diferentes reservatórios.

Quadro 1 – Distribuição de água

Reservatórios	Volume aproximado de água, em Km ³ de água	Porcentagem aproximada da água total
Oceanos	1 320 000 000	96.1
Glaciares	29 000 000	2.13
Água subterrânea	8 300 000	0.61
Lagos	125 000	0.009
Mares interiores	105 000	0.008
Umidade do Solo	67 000	0.005
Atmosfera	13 000	0.001
Rios	1 250	0.0001
Volume de água total	1 360 000 000	100%

Fonte: (adaptado de Nace U.S. Geológica, apud ROSA, 2007)

Embora três quartas partes da superfície da Terra sejam compostas de água, a maior parte não está disponível para consumo humano, pois 97% são água salgada encontrada nos oceanos e mares e 2% formam geleiras inacessíveis. Apenas 1% de toda a água é doce e pode ser utilizada para consumo e deste total, 97% estão armazenados em fontes subterrâneas.

2.1.1 Recursos Hídricos no Brasil

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m³/hab/ano, sendo considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo (TOMAZ, 2001).

Entre os países da América do Sul, o Brasil se destaca por possuir uma vazão média de água de 177.900 km³/ano, o que corresponde a 53% da vazão média total da América do Sul, conforme é apresentado no quadro 2.

Quadro 2 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul

América do Sul	Vazão (Km ³ /ano)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	165.100	47
Total	343.000	100

Fonte: TOMAZ, 2001

As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Tocantins, Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai (ANEEL, 2007).

A maior rede hidrográfica mundial é a da Bacia Amazônica, que abrange uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 Km², ocupando cerca de 42% da superfície do território brasileiro, se estendendo além da fronteira da Venezuela à Bolívia (ANEEL, 2007).

Apesar do Brasil apresentar grande disponibilidade de recursos hídricos, estes não estão distribuídos uniformemente, havendo um grande desequilíbrio entre oferta de água e demanda.

Verifica-se que as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional, conforme quadro 3, como exemplo disso pode-se citar a região sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a região norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira (GHISI, 2006).

Quadro 3 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil

Região do Brasil	Área Territorial (%)	Disponibilidade de Água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	43
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	15	7

Fonte: GHISI, 2006

A diversidade de climas, relevos, condições socioeconômicas e culturais faz da gestão da água uma tarefa complexa. Os desafios são gigantescos, desde promover a conservação em ecossistemas de enorme riqueza ambiental até contribuir para romper o ciclo de miséria a que estão sujeitas populações do semi-árido brasileiro, passando pelo controle da poluição e das inundações nas áreas urbanas brasileiras (GHISI, 2006).

2.1.2 Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul

A Lei Estadual Nº 10.350, de 1994, dividiu o Estado do Rio Grande do Sul, para fins de gestão de recursos hídricos, em três grandes regiões hidrográficas: a Região

Hidrográfica do Guaíba; a Região Hidrográfica do Uruguai e a Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas, conforme quadro 4 (DRH/SEMA, 2007).

Quadro 4 - Divisão das Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande Sul

Região Hidrográfica	Bacia Hidrográfica	Código do SERH	Área (km²)
GUAÍBA	Gravataí	G10	2.008,93
	Sinos	G20	3.680,04
	Caí	G30	4.957,74
	Taquari-Antas	G40	26.323,76
	Alto Jacuí	G50	13.037,20
	Vacacaí-Vacacaí Mirim	G60	11.085,77
	Baixo Jacuí	G70	17.370,48
	Lago Guaíba	G80	2.459,91
	Pardo	G90	3.631,24
	TOTAL (9 bacias)		
BACIAS LITORÂNEAS	Tramandaí	L10	2.745,73
	Litoral Médio	L20	6.472,10
	Camaquã	L30	21.517,58
	Mirim-São Gonçalo	L40	25.666,83
	Mampituba	L50	683,76
	TOTAL (5 bacias)		
URUGUAI	Apuaê-Inhandava	U10	14.510,51
	Passo Fundo	U20	4.847,25
	Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo	U30	10.824,02
	Piratinim	U40	7.647,26
	Ibicuí	U50	35.041,38
	Quaraí	U60	6.658,78
	Santa Maria	U70	15.665,92
	Negro	U80	3.005,24
	Ijuí	U90	10.704,60
	Várzea	U100	9.508,42
	Butuí-Icamaquã	U110	8.025,76
	TOTAL (11 bacias)		
Total das 25 Bacias Hidrográficas			268.080,19
Lagoas dos Patos e Mirim			14.049,35
Total do Estado do Rio Grande do Sul			282.129,54

Fonte: DRH/SEMA, 2007

A região hidrográfica do Guaíba ocupa a porção centro-leste do Estado do Rio Grande do Sul, com uma área aproximada de 84.555 km², correspondendo a cerca de 30% do território gaúcho. A sua população está estimada (2006) em 7,1 milhões de habitantes, correspondendo a 65% da população do Estado, distribuídos em 250 municípios, com destaque para os inseridos na Região Metropolitana de Porto Alegre que contribuem para a sua elevada densidade demográfica, de 84 hab/km². A região é

formada pelas bacias que drenam direta ou indiretamente para o Lago Guaíba; esse, por sua vez, deságua na Lagoa dos Patos.

A região hidrográfica do Uruguai abrange a porção norte, noroeste e oeste do estado, com área de aproximadamente 126.440 km², equivalente a 45% da área do Rio Grande do Sul, e engloba as áreas de drenagem do Rio Pelotas, do Rio Uruguai e do Rio Negro. Sua população total está estimada em 2,6 milhões de habitantes, que representa 29% da população estadual, distribuídos em 227 municípios, resultando em uma densidade demográfica de cerca de 20 hab/km². A região é formada pelas bacias que drenam direta ou indiretamente para o Rio Uruguai. A bacia do Rio Santa Maria drena para o Uruguai através do Rio Ibicuí e a bacia do Rio Negro, à exceção das demais, drena para a fronteira com o país vizinho Uruguai.

A região hidrográfica das bacias litorâneas está localizada na porção leste e extremo sul do estado e ocupa uma superfície de aproximadamente 57.085 km², correspondendo a 20% do território gaúcho. Sua população total está estimada em 1,2 milhões de habitantes, representando 12% da população do Rio Grande do Sul, distribuídos em 66 municípios, com uma densidade demográfica em torno de 21 hab/km². Nesta região se individualizam dois corpos de água de expressão: a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim, além do cordão de lagoas costeiras do RS; algumas bacias desta região drenam diretamente para o Oceano Atlântico. A bacia do Rio Mampituba é compartilhada com o estado de Santa Catarina, e junto com a bacia do Rio Tramandaí, drena para o Oceano Atlântico. As bacias do Rio Camaquã, Litoral Médio e Mirim -São Gonçalo drenam para a Lagoa dos Patos (DRH/SEMA, 2007).

2.1.3 Conservação de Água no Meio Urbano

A presença humana na terra aumenta gradualmente a interferência causada por suas ações no ciclo da água na natureza. O crescimento populacional e a ocupação territorial desorganizada de centros urbanos causam interferências neste ciclo. A figura 2 demonstra a utilização da água abordada sobre a forma de usos múltiplos (PROSAB, 2006).

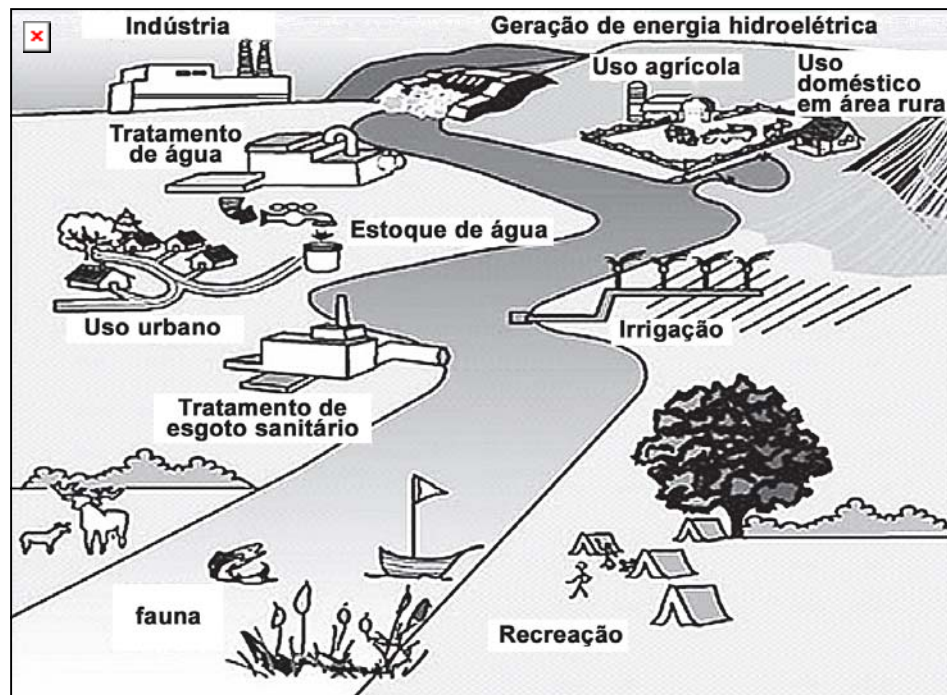


Figura 2 - Usos múltiplos da água

Fonte: PROSAB, 2006

Conforme apresentado na figura 2 dentre os usos múltiplos das águas destacam-se:

Usos antrópicos:

- Uso humano para ingestão, higiene e usos domésticos em geral,
- Irrigação de culturas agrícolas,
- Uso industrial, em comércio, em serviços e outros setores,
- Usos urbanos em regas de jardins, lavagens de ruas, etc.
- Manejo urbano de águas pluviais,
- Produção de energia,
- Pesca,
- Aqüicultura e hidroponia,
- Diluição de esgotos,
- Controle de inundações,
- Regularização de escoamento,
- Navegação,
- Recreação,
- Paisagismo,
- Turismo,
- Contemplação.

Usos naturais:

- Manutenção de ecossistemas e biodiversidade,
- Regulação climática.

A intervenção humana no ciclo natural da água deu origem a um ciclo menor, de natureza antrópica, que acontece dentro das cidades, denominado ciclo urbano das águas. A figura 3 esquematiza a correlação entre os ciclos.

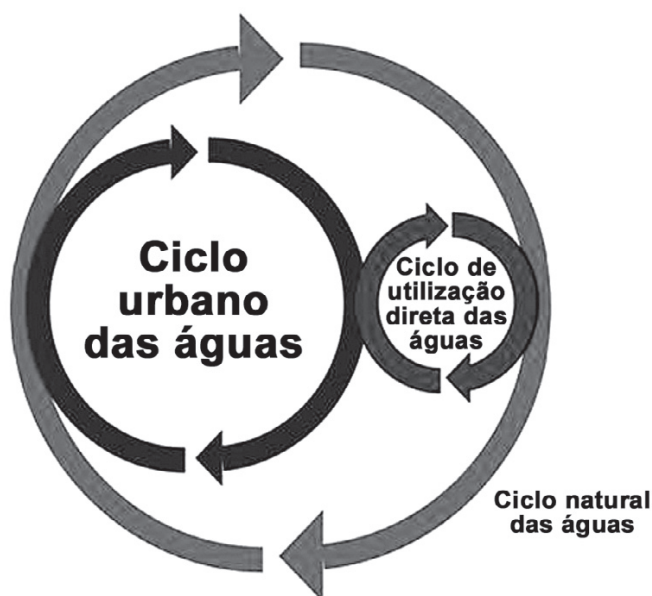


Figura 3 - Esquema dos ciclos da água

Fonte: PROSAB,2006

Demonstrada a utilização direta das águas no menor ciclo, sendo que esta utilização pode ser considerada como sub-ciclos antrópicos diversos vinculados ao uso urbano da água, as quais não dependem de estruturas físicas urbanas, como redes de distribuição ou coleta de água, de forma integrada estes sub-ciclos constituem o ciclo urbano global, resultante da intervenção humana. Dentre estes sub-ciclos destacam-se o de abastecimento público de água, o de coleta, afastamento, tratamento e disposição de águas residuárias, o de geração de energia elétrica, o de manejo das águas pluviais, entre outros (PROSAB, 2006).

A captação da água nos mananciais, adução de água bruta, tratamento para potabilização, distribuição de água na área urbana, uso da água potável e geração de águas residuárias, coleta das águas residuárias, tratamento dessas águas em estações de tratamento de esgotos e disposição das águas residuárias tratadas no corpo receptor, fechando o ciclo, formam um dos sub-ciclos mais importantes para a existência do meio urbano. Uma variante desse ciclo, que pode contribuir eventualmente com o escoamento

de águas superficiais, ocorre com as águas tratadas que são lançadas para infiltração no solo e se incorporam aos lençóis subterrâneos de água, podendo ainda o ciclo incorporar processos de reciclagem interna de água, onde nesses processos a água potabilizada, uma vez utilizada, passa por tratamento (como água residuária) em seguida é reutilizada sem voltar ao manancial natural, configurando um ciclo de reuso que pode se repetir, teoricamente, um número infinito de vezes (PROSAB, 2006)

Na figura 4 é ilustrada a inserção do sub-ciclo urbano de abastecimento de água potável e coleta, tratamento e disposição final de esgotos no meio ambiente.

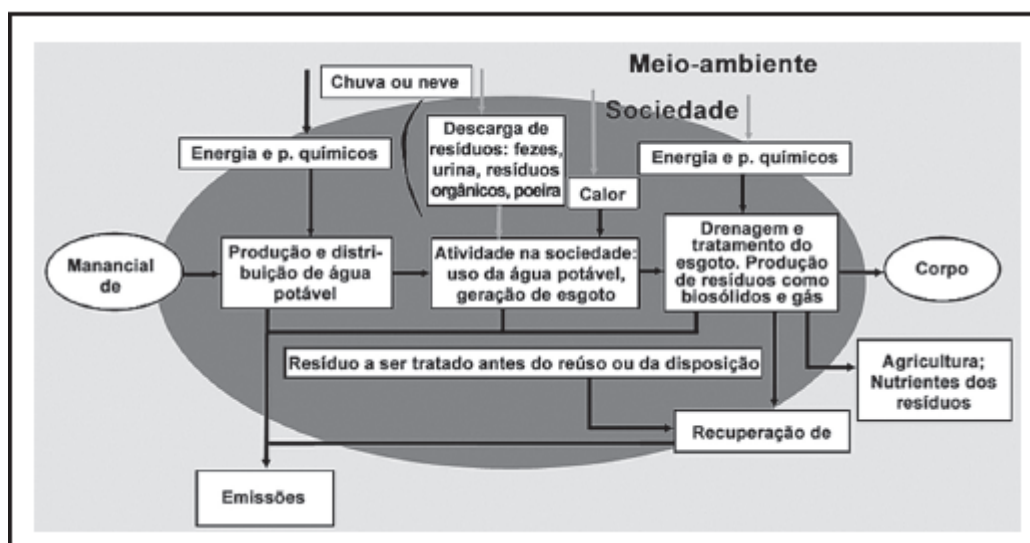


Figura 4 - Representação do ciclo urbano da água como um sub-sistema do meio ambiente e da sociedade

Fonte: Urban Water Chalmers University Of Technology, 2004, apud PROSAB, 2006

Não faltam críticas quanto à capacidade dos sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário em manter a sustentabilidade ecológica do planeta, embora a experiência tenha comprovado que esses sistemas são capazes de cumprir, mesmo que de forma não universalizada, as funções relacionadas com a oferta e a demanda de água (PROSAB, 2006).

Tendo em conta o ciclo urbano da água e suas relações com os recursos hídricos em geral, cabe destacar que a gestão desses recursos no Brasil conta com moderna legislação que incorpora a observância aos princípios de conservação de água. A lei 9433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, orienta o estabelecimento de sistemas de gestão integrada, hoje em fases diferenciadas de implantação e consolidação por todo o país. Embora todo o sistema de gestão dos

recursos hídricos seja fundamentado na visão integrada de usos múltiplos por bacia hidrográfica, resguardando a quantidade e qualidade do recurso, a justiça social, a conservação ambiental e outros princípios consagrados. Observam-se nos sistemas urbanos de utilização das águas algumas características cuja natureza é subjacente à própria lógica da formação dos centros urbanos modernos nos últimos dois séculos. Lógica que, em grandes linhas, abriga dinâmicas conflitantes com a gestão de recursos hídricos tal como prevista na lei. A apreciação mais simplificada e direta sobre essa lógica mostra que a ocupação urbana se apresentou como o meio mais adequado ao atendimento das necessidades humanas sem correspondência, no entanto, ao atendimento de preceitos de sustentabilidade, tema emergente e obrigatório na atualidade (HARREMÕES, 1997).

2.2 CONSUMO DE ÁGUA

No Brasil, dos 2.178 m³/s que representavam a demanda total de água do país em 2003, 56% da água eram utilizados na agricultura (irrigação), 21% para fins urbanos, 12% para a indústria, 6% no consumo rural e 6% para a dessedentação de animais (ANA, 2008), a seguir aborda-se os principais consumos de água.

2.2.1 Consumo doméstico

O consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. Na região metropolitana de São Paulo, o consumo de água residencial corresponde a 84,4% do consumo total urbano (incluindo também o consumo em pequenas indústrias). Na cidade de Vitória, a porcentagem desse consumo é bem similar, correspondendo a aproximadamente 85% desse total (RODRIGUES, 2005, apud PROSAB, 2006).

O índice mais comum relativo ao uso da água em áreas urbanas é o “consumo diário per capita”, expresso em litros por habitante por dia (L/hab.dia). A agenda 21 propõe como meta de fornecimento de água tratada para 2005 o consumo diário per capita de 40 litros (ONU, 2008). Esse valor possui ordem de grandeza semelhante ao proposto pelo Banco Mundial e pela Organização Mundial da Saúde: suprimento mínimo de 20 a 40 litros/pessoa.dia. Segundo Gleick (1999), considerando os consumos mínimos para usos diversos apresentados no quadro 5, sugere que a quantidade mínima per capita seja de 50 litros/pessoa.dia.

Quadro 5 – Consumo diário per capita

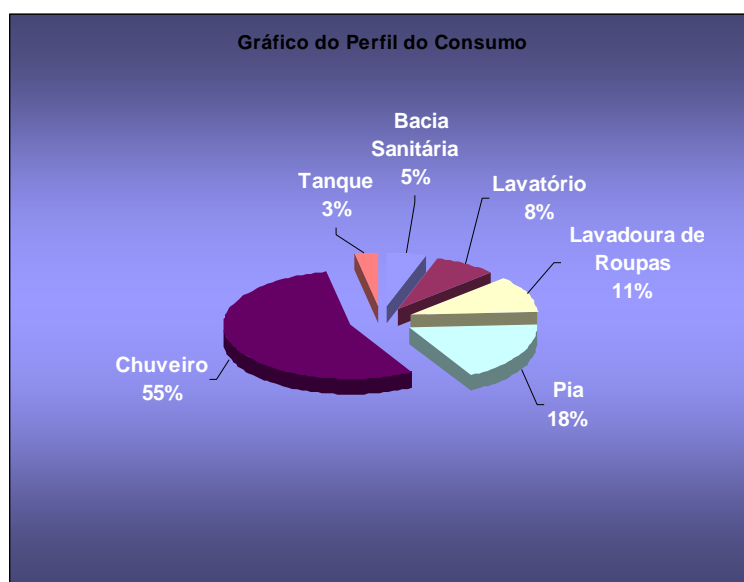
Consumo	Quantidade Mínima L/pessoa.dia
Água Potável	5
Serviços Sanitários	20
Banho	15
Preparo de Alimentos	10

Fonte: Gleick, 1999, apud PROSAB, 2006

Conforme demonstrado no quadro 5 os maiores consumos de água são durante os serviços sanitários e o banho.

Nessas condições, a participação percentual da bacia no consumo total estaria entre 18% e 24%. O conhecimento da realidade do consumo doméstico segundo o uso depende de trabalhos de pesquisa. Estudos para a determinação do perfil do consumo doméstico na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), segundo diversos estratos amostrais, vêm sendo desenvolvidos pelo IPT sob patrocínio da SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (PROSAB, 2006).

Trabalhos prévios permitiram definir as metodologias de monitoramento necessário à determinação do perfil do consumo. ROCHA *et al.* (1999) mostra as técnicas de medição e os resultados relativos ao perfil de consumo em um apartamento popular na periferia da cidade de São Paulo. A figura 5 apresenta a distribuição do consumo por uso nesse apartamento.

**Figura 5 - Perfil do consumo doméstico de água em um apartamento popular**

Fonte: ROCHA, 1999

Considerando-se chuveiros elétricos em habitações térreas ou assobradadas, dotadas de reservatório superior que alimenta o chuveiro, tem-se, na grande maioria dos casos, uma configuração onde a instalação predial proporciona um valor de vazão relativamente pequeno no chuveiro.

Observe-se, por exemplo, que a Norma Brasileira de Água Fria (NBR-5626 - ABNT, 1998) exige que a pressão dinâmica mínima no ponto de utilização de qualquer aparelho seja de apenas 1 mca. Sob pressões dessa magnitude, o chuveiro elétrico operará com pequenas vazões de aproximadamente 0,20 L/s (12 L de água por minuto de banho). Observe-se também que, consoante os critérios estipulados na NBR-5626/1998, os chuveiros elétricos são dimensionados, fabricados e ensaiados para operar em observância àqueles critérios.

Como o consumo por pessoa adotado é de 150 L/hab.dia, tem-se uma incidência de 30 % do consumo total diário, devida ao banho (ROCHA, 1999).

2.2.2 Consumo industrial

Segundo CIRRA/FCTH (2008), de uma maneira genérica, pode-se dizer que a água encontra as seguintes aplicações na indústria:

- Consumo humano: água utilizada em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança (lava-olhos, por exemplo) ou em qualquer atividade doméstica com contato humano direto;

- Matéria prima: como matéria-prima, a água será incorporada ao produto final, a exemplo do que ocorre nas indústrias de cervejas e refrigerantes, de produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica, de cosméticos, de alimentos e conservas e de fármacos, ou então, a água é utilizada para a obtenção de outros produtos, por exemplo, o hidrogênio por meio da eletrólise da água.

- Uso como fluido auxiliar: a água, como fluido auxiliar, pode ser utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para as operações de lavagem.

- Uso para geração de energia: para este tipo de aplicação, a água pode ser utilizada por meio da transformação da energia cinética, potencial ou térmica, acumulada na água, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica.

- Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento: nestes casos, a água é utilizada como fluido de transporte de calor para remoção do calor de misturas reativas

ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor, ou então, devido às condições de operação estabelecidas, pois a elevação de temperatura pode comprometer o desempenho do sistema, bem como danificar algum equipamento

- Outros usos: utilização de água para combate à incêndio, rega de áreas verdes ou incorporação em diversos subprodutos gerados nos processos industriais, seja na fase sólida, líquida ou gasosa.

De um modo geral, a quantidade e a qualidade da água necessária ao desenvolvimento das diversas atividades consumidoras em uma indústria dependem de seu ramo de atividade e capacidade de produção.

O ramo de atividade da indústria, que define as atividades desenvolvidas, determina as características de qualidade da água a ser utilizada, ressaltando-se que em uma mesma indústria podem ser utilizadas águas com diferentes níveis de qualidade.

Por outro lado, o porte da indústria, que está relacionado com a sua capacidade de produção, irá definir qual a quantidade de água necessária para cada uso.

No quadro 6 são apresentados dados internacionais de distribuição do consumo de água na indústria por tipo de atividade. É importante destacar que os valores desta tabela podem estar desatualizados tendo em vista que novas tecnologias industriais são constantemente lançadas no mercado, servindo tão somente como valores de referência (CIRRA/FCTH, 2008).

Quadro 6 - Distribuição do consumo de água na indústria por atividades

Segmento Industrial	Distribuição do Consumo de Água (%)		
	Resfriamento sem Contato	Processos e Atividades Afins	Uso Sanitário e Outros
Carne enlatada	42	46	12
Abatimento e limpeza de aves	12	77	12
Laticínios	53	27	19
Frutas e vegetais enlatados	19	67	13
Frutas e vegetais congelados	19	72	8
Moagem de milho a umido	36	63	1
Açúcar de cana-de-açúcar	30	69	1
Açúcar de beterraba	31	67	2
Bebidas maltadas	72	13	15
Indústria têxtil	57	37	6
Serrarias	58	36	6
Fábricas de celulose e papel	18	80	1
Cloro e Alcalis	85	14	1
Gases Industriais	86	13	1
Pigmentos inorgânicos	41	58	1
Produtos químicos inorgânicos	83	16	1
Materiais plásticos e resinas	93	7	+
Borracha sintética	83	17	+
Fibras de celulose sintéticas	69	30	1
Fibras orgânicas não celulósicas	94	6	+
Tintas e pigmentos	79	17	4
Produtos químicos orgânicos	91	9	1
Fertilizantes nitrogenados	92	8	+
Fertilizantes fosfatados	71	28	1
Negro de fumo	57	38	6
Refinaria de petróleo	95	5	+
Pneus	81	16	3
Cimento	82	17	1
Aço	56	43	1
Fundição de ferro e aço	34	58	8
Cobre primário	52	46	2
Alumínio primário	72	26	2
Automóveis	28	69	3

Fonte: VAN Der LEEDEN; TROISE and TODD, 1990, apud CIRRA/FCTH, 2008

O quadro 7 apresenta o consumo de água em alguns tipos de estabelecimentos comerciais e industriais.

Quadro 7 - Distribuição do consumo de água na indústria por atividades

Natureza	Consumo
Escritórios comerciais	50 l/pessoa/dia
Restaurantes	25 l/refeição
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 l/hóspede/dia
Lavanderia	30 l/kg de roupa
Hospitais	250 l/leito/dia
Garagens	50 l/automóvel/dia
Posto de serviço para veículos	150 l/veículo/dia
Indústrias (uso sanitário)	70 l/operário/dia
Matadouros - animais de grande porte	300 l/cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 l/cabeça abatida
Laticínios	1 - 5 l/kg de produto
Curtumes	50 - 60 l/kg de couro
Fábrica de papel	100 - 400 l/kg de papel
Tecelagem (sem alvejamento)	10 - 20 l/kg de tecido

Fonte: Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água, CETESB, apud Rosa, 2007

2.2.3 Consumo de água da chuva

Novos conceitos para o gerenciamento de água de chuva, seja em áreas urbanas ou rurais, estão surgindo praticamente em todas as partes do mundo. A escassez, a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associadas a serviços de abastecimento públicos ineficientes, são fatores que têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação da água. Entre estas práticas está o aproveitamento da água da chuva (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002 apud PROSAB, 2006).

Em muitos países, o armazenamento da água da chuva inicialmente objetivou a sua retenção na parcela, para controle de cheias e inundações, ou para mitigar a falta de um abastecimento regular de água; e posteriormente seu uso foi sendo estendido para os mais diversos fins.

No quadro 8 são apresentadas demandas de consumo de água não potável.

Quadro 8 – Demandas não potáveis

Demanda Interna	Faixa	Unidade
Vaso Sanitário – Volume	6 – 15	L/descarga
Vaso Sanitário – Frequência	4 – 6	Descarga/hab/dia
Máquina de Lavar Roupa – Volume	100 – 200	L/ciclo
Máquina de Lavar Roupa – Frequência	0,2 – 0,3	Carga/hab/dia
Demanda Externa	Faixa	Unidade
Rega de Jardim – Volume	2	L/dia/m ²
Rega de Jardim – Frequência	8 – 12	Lavagem/mês
Lavagem de Carro – Volume	80 – 150	L/lavagem/carro
Lavagem de Carro – Frequência	1 – 4	Lavagem/mês

Fonte: THOMAZ, 2000, apud PROSAB, 2006

Diferentes setores da sociedade passam a ver o da água da chuva como rentável. Assim, indústrias, instituições de ensino, estádios, e até mesmo estabelecimentos comerciais como empresas de lavagem de carros, empresas de ônibus, supermercados, empresas de limpeza pública, buscam utilizar água da chuva visando o retorno na economia de água consumida, e ainda no apelo de ‘marketing’, uma vez que estas práticas se inserem nos conceitos de empresas com responsabilidade social e ambiental ou ecológicas (THOMAZ, 2000).

Por outro lado, têm sido adotadas legislações específicas sobre a coleta da água da chuva, visando a redução de enchentes em muitas cidades brasileiras, a exemplo de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Porto Alegre,. Nestas cidades, alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água da chuva, não apenas para reduzir o ‘pico de cheias’, como também visando sua utilização para fins não potáveis. Estudos apontam para diferentes experiências com a finalidade de aproveitamento a água de chuva, seja em lavanderias industriais, indústrias e outras atividades comerciais (SICKERMANN, 2003, apud PROSAB, 2006).

A utilização da água da chuva vem sendo considerada como uma fonte alternativa de água, para fins potáveis ou não potáveis, dependendo da necessidade e da qualidade desta. Pode-se inserir atualmente o aproveitamento da água da chuva nos sistemas de gestão integrada de águas urbanas. A utilização da água da chuva, por depender de condições locais e visando seu aproveitamento no próprio local de captação, se insere no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais sua gestão é compartilhada com o usuário (PROSAB, 2006).

2.2.4 Padrão Requerido de Qualidade da Água para Consumo Humano

“A água para consumo humano deve atender a critérios rigorosos de qualidade, e para isso, não deve conter elementos nocivos à saúde (substâncias tóxicas e

organismos patogênicos) e nem possuir sabor, odor ou aparência desagradável. Uma água própria para esse fim é denominada de água potável, e as características que a mesma deve atender são chamadas de padrões de potabilidade” (TSUTIYA, 2004).

Estão definidos na Portaria n.º 518, do Ministério da Saúde, aprovada em 25/03/2004, os padrões de potabilidade. Podemos verificar no quadro 9 os padrões de aceitação para o consumo humano conforme Portaria de 25 de março de 2004.

Quadro 9 – Padrões de aceitação para o consumo humano

PARAMETRO	Unidade	VMP (1)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH(2)	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável (3)
Gosto	-	Não objetável (3)
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT(4)	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

Fonte: Ministério da saúde, 2004.

2.2.5 Padrão Requerido de Qualidade da Água para uso Industrial

Para utilização industrial, na maioria dos processos, o pH é um parâmetro que domina a grande parte das reações. Necessita-se, neste caso, de análises da água para determinar seu uso e tratamento com o objetivo de atender à qualidade requerida. É importante destacar o uso da água da chuva como matéria-prima nos processos das indústrias em geral (FURB, 2007).

Em geral a água de chuva é mole (baixa concentração de sais de magnésio e cálcio), sendo ótima para ser usada em processos industriais, como geração de vapor (SPERLING, 1996, apud PROSAB, 2006).

Para a indústria alimentícia, devem ser respeitados os padrões de potabilidade vigentes. Cuidados especiais devem ser tomados com relação à contaminação de

alimentos por certos produtos utilizados no tratamento de condensados (GERMAIN, 1972).

No quadro 10 serão demonstrados padrões de qualidade de água para utilização em diferentes tipos de indústrias.

Quadro 10 - Qualidade da água para cada tipo de indústria

PARÂMETROS	TIPOS DE INDÚSTRIAS					
	Alimentos	Refrigerante	Cerveja	Têxtil	Plástico	Farmacêutica* (Portaria 518/2004)
pH	7,0	7,0	7,0	6,5-7,0	NE	6,0-9,5
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	18-79	<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	1-6	<0,25	NE	NE
Manganês (mg/L)	ND	ND	<0,2	<0,25	<0,02	0,1
Sabor e odor	Não Objetável	Não Objetável	Não Objetável	NE	NE	Não Objetável
SDT (mg/L)	<500	<500	50-150	NE	NE	<1000
Sulfato de cálcio (mg/L)	NE	NE	100-200	NE	NE	NE
Silica (mg/L)	NE	NE	1-15	NE	NE	NE
Turbidez (UT)	<5	<5	<4	<5	<2	<5
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	NE	NE	Ausente
Colif. totais (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	NE	NE	Ausente

Fonte: Adaptado de Santos Filho, 1985

“Além dos parâmetros indicados no quadro 10, muitas aplicações exigem que um número maior de parâmetros seja atendido, de modo que os riscos ao processo, produto ou sistema diminuam” (Mierzwa, 2005, p. 35).

2.2.6 Padrão de Qualidade da água da chuva

A qualidade da água da chuva pode ser diferenciada em quatro etapas: a primeira etapa é a qualidade da chuva antes de atingir o solo; na segunda etapa é a qualidade da chuva depois de se precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado; a terceira etapa é quando a água de chuva fica armazenada em um reservatório e tem a sua qualidade alterada e depositam-se elementos sólidos no fundo do mesmo e a água está pronta para utilização; na quarta etapa a água chega ao ponto de consumo, como por exemplo, a descarga na bacia sanitária (TOMAZ, 2003).

A utilização de superfícies para a coleta da água também altera as características naturais da mesma. Fenômenos de deposição seca dos compostos presentes na atmosfera são devidos à sedimentação gravitacional e interceptação de particulados ou ainda da absorção de gases por superfícies. Este é o caso dos períodos de estiagem. Assim, a qualidade da água da chuva, na maioria das vezes, diminui ao passar pela superfície de captação, o que leva à recomendação de descartar a água da primeira chuva, ou também denominada como auto-limpeza, pois consiste em descartar o

primeiro momento de chuva. Frequentemente, a contaminação da água pode se dar por fezes de pássaros e de pequenos animais, ou por óleo combustível, no caso de superfície de captação no solo (PROSAB, 2006).

Pode-se obter água da chuva com uma qualidade relativamente alta se ela for coletada em locais onde pessoas e animais não consigam se aproximar e removendo o lixo e a poeira existentes. A água da chuva vem sendo utilizada como água potável e no uso doméstico em geral nas áreas onde não há fontes naturais, poços ou sistemas de abastecimento de água. Também se pode obter água de chuva relativamente limpa das paredes e superfícies de vidro. A água da chuva coletada nos telhados, sacadas ou terraços, onde pessoas e animais podem se aproximar, não é tão limpa. No entanto, não há nenhum problema se a finalidade desta água for para descarga nos banheiros ou para regar plantas (GROUP RAINDROPS, 2002, apud SILVA, 2007).

Conforme o local onde a água é coletada, a qualidade e o uso mais recomendado para a mesma pode variar como indicado em MAESTRI (2003) apud GROUP RAINDROPS (2002) apud SILVA (2007) no quadro 11. A qualidade da água da chuva varia de acordo com o nível de poluição atmosférica.

Quadro 11 - Qualidade da água de acordo com o local de coleta

Grau de Qualidade	Local de coleta da chuva	Observações
A	Telhados (Locais não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água pode se dar para consumo humano (se purificada)
B	Telhados (Locais frequentados por pessoas e animais)	Somente para usos não potáveis (lavar banheiros, regar as plantas), após pequeno tratamento, não pode ser usada para beber.
C	Terraços e terrenos impermeabilizados; Áreas de estacionamento.	É necessário tratamento mesmo que para usos não potáveis
D	Estradas, Vias Férreas Elevadas.	Mesmo para os usos não potáveis, necessita tratamento.

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002, apud SILVA, 2007

A qualidade da água da chuva varia tanto com o grau de poluição do ar como também com a limpeza do sistema de captação. Estas condições também dependem do ambiente que cerca a estrutura. Por exemplo, se uma casa é cercada por árvores, um coador ou uma tela é indispensável para manter as folhas do lado de fora dos tubos coletores. Se há uma área arenosa ou de terra aberta (sem vegetação), a sedimentação

e/ou a filtração são necessárias para retirar a sujeira (GROUP RAINDROPS, 2002, apud SILVA, 2007).

Logo, os métodos devem diferir com o propósito de uso, conforme quadro 12.

Quadro 12 - Diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme o uso

Uso da água da chuva	Tratamento da água
Irrigação de jardins	Não é necessário nenhum tratamento
Irigadores, combate ao incêndio, condicionamento de ar.	É necessário cuidados para manter os equipamentos em boas condições
Sistemas decorativos aquáticos como lagoas/fontes, chafarizes, espelhos e queda d'água, descarga sanitária em banheiros, lavagens de roupas e lavagens de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato da água com as pessoas
Banho/Piscina, consumo humano e no preparo de alimentos.	Desinfecção, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002, apud SILVA 2007.

TOMAZ (2003), em áreas como centros urbanos e pólos industriais, passam a ser encontradas alterações nas concentrações naturais da água da chuva devido a poluentes do ar, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NOX) ou ainda chumbo, zinco e outros.

“Pode-se dizer, portanto, que o pH da chuva é sempre ácido, e o que se verifica é que, mesmo em regiões inalteradas, encontra-se o pH ao redor de 5,0. Em regiões poluídas, pode-se chegar a valores como 3,5 quando há o fenômeno da “chuva ácida”(TOMAZ, 2003).

Já foi relatada em Porto Alegre chuva com pH inferior a 4,0 (TOMAZ, 2003).

A região do Brasil que vai do estado do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul tem potencial para chuvas ácidas, que são aquelas cujo pH é menor que 5,8. Por este motivo só devem ser utilizadas para fins não potáveis, principalmente em regiões industriais, onde ocorre grande poluição atmosférica (citado por MAESTRI, 2003). A água da chuva com pH entre 5,8 e 8,6 (quanto mais baixo o número, mais ácido) é potável (GROUP RAINDROPS, 2002).

São exemplos de contaminações: folhas de árvores, poeiras, revestimento do telhado, fibrocimento, tintas e etc” (TOMAZ, 2003).

“As fezes de passarinhos e de outras aves e animais podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastrointestinais. Por este motivo, é

aconselhável que a água de lavagem dos telhados, isto é, a primeira água, seja desprezada e jogada fora” (TOMAZ, 2003, p. 40).

O volume de água que deve ser rejeitado no “first flush” (primeiro momento de chuva) depende do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação. Como regra prática, TERRY (2001) aconselha que os primeiros 1mm a 2mm de chuva deve ser rejeitado pois apresentam uma grande quantidade de bactérias (TOMAZ, 2003).

Em um estudo realizado no Brasil por MAY e PRADO (2004), analisou-se a qualidade da água de chuva para consumo não potável na cidade de São Paulo. Através de um sistema experimental instalado no Centro de Técnicas de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, foram realizadas análises da composição física, química e bacteriológica da água de chuva, para verificar a necessidade de tratamento da água antes de ser utilizada. As amostras de água de chuva foram coletadas em dois pontos de amostragem: telhados do edifício e reservatórios de acumulação. Com base nos resultados das análises, verificou-se que a água coletada nos reservatórios apresentou melhor qualidade em relação às amostras coletadas diretamente do coletor de água de chuva nos telhados. Dessa forma, recomenda-se o descarte do volume de água correspondente aos primeiros 15 a 20 minutos de chuva, para que seja feita a limpeza do telhado.

2.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

A seguir serão apresentados os parâmetros de dimensionamento do reservatório, os componentes básicos de um sistema para captação e a normatização de água da chuva.

2.3.1 Parâmetros de Dimensionamento do Reservatório para Captação de Água da Chuva

Os parâmetros demonstrados neste trabalho para dimensionamento de reservatório são referencia do livro “Aproveitamento de água da chuva” de 2003 de Plínio Tomaz.

Os parâmetros que serão apresentados nos itens 2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.3.1.3 e 2.3.1.4, serão usados em conjunto para um melhor dimensionamento do reservatório.

2.3.1.1 Método de Rippl

No dimensionamento do volume máximo do reservatório será utilizado o Método de Rippl para demanda mensal constante e séries históricas de precipitações mensais, o método consiste em garantir o abastecimento constante de água tanto no período chuvoso quanto no seco.

Como base para este método utilizaremos o quadro 13.

Quadro 13 – Método de Rippl

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m³)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m³)	Obs.

Fonte: TOMAZ, 2003

Para um melhor entendimento da utilização do quadro 13, segue explicação de cada coluna;

Coluna 1- Período de tempo (janeiro a dezembro);

Coluna 2 - Média mensal em milímetros da região estudada;

Coluna 3 - Demanda mensal constante, em metros cúbicos, do empreendimento analisado;

Coluna 4 - Área de projeção do telhado no terreno, em metros quadrados;

Coluna 5 - Nesta coluna será calculado o volume de água captado mensalmente, expresso pela seguinte equação:

$$\text{Coluna 5} = \text{Coluna 2} \times \text{Coluna 4} \times 0,80 / 1000$$

Onde o valor de 0,80 representa o coeficiente de Runoff e o valor de 1000 tem finalidade de transformar o volume em metros cúbicos;

Coluna 6 - Nesta coluna estarão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuvas mensais. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível, o cálculo está expresso pela seguinte equação:

$$\text{Coluna 6} = \text{Coluna 3} - \text{Coluna 5}$$

Coluna 7 - Retornará as diferenças acumuladas da Coluna 6, considerando somente valores positivos, isto é, valores negativos entram na tabela como campo vazio.

Para preenchimento destes campos, consideramos a hipótese inicial de que o reservatório esta com sua capacidade máxima (reservatório cheio). A razão pela quais os valores negativos não são computados é porque isso indica a quantidade de água extravasada, em suma, é a água despejada nas galerias pluviais por transbordamento;

Coluna 8 - Neste campo usaremos letras para definir o comportamento do reservatório mensalmente:

E = água escoando pelo extravasor;

D = nível de água baixando e

S = nível de água subindo.

Após preenchimento da tabela, o volume máximo do reservatório será definido analisando o comportamento da Coluna 7. O valor de pico (maior valor) é correspondente ao volume do reservatório necessário. Quando ocorre de na Coluna 6 todos os meses retornarem valores negativos, conseqüentemente a Coluna 7 não retornará valores, definiremos o valor máximo do reservatório como sendo igual ao valor da demanda constante.

2.3.1.2 Método da Simulação

Este método consiste em arbitrar um volume para o reservatório e verificar o comportamento da água excedente (overflow) e a água que vai faltar (suprimento de água da concessionária local). Segundo Plínio Tomaz (2003), deve-se utilizar inicialmente para análise neste método o valor máximo do reservatório retornado no Método de Rippl. Conforme quadro 14.

Quadro 14 – Método da simulação

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Meses	Chuva Média (mm)	Demanda mensal constante (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de chuva C=0,8 (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m³)	Volume do reservatório no tempo t (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S

Fonte: TOMAZ, 2003

Para uma maior compreensão da utilização do quadro 14, segue explicação;

Coluna 1- Período de tempo (janeiro a dezembro);

Coluna 2 - Média mensal em milímetros da região estudada;

Coluna 3 - Demanda mensal constante, em metros cúbicos, do empreendimento analisado;

Coluna 4 - Área de projeção do telhado no terreno, em metros quadrados;

Coluna 5 - Nesta coluna será calculado o volume de água captado mensalmente, expresso pela seguinte equação:

$$\text{Coluna 5} = \text{Coluna 2} \times \text{Coluna 4} \times 0,80 / 1000$$

Onde o valor de 0,80 representa o coeficiente de runoff e o valor de 1000 tem finalidade de transformar o volume em metros cúbicos;

Coluna 6 - Volume do reservatório que é arbitrado para verificação;

Coluna 7 - É o volume do reservatório no início da contagem do tempo. Supondo que no início da contagem o reservatório está vazio, portanto a primeira linha da coluna 7 referente ao mês de janeiro será igual a zero. Nos demais valores obtidos usaremos a função SE do MS Excel:

$$SE(\text{coluna 8} < 0; 0; \text{coluna 8})$$

Coluna 8 - Fornece o volume do reservatório no fim do mês. O cálculo dessa coluna é expresso pelo seguinte fórmula:

$$\text{Coluna 8} = SE(\text{coluna5} + \text{coluna7} - \text{coluna3} > \text{coluna6}; \text{coluna7}; \text{coluna5} + \text{coluna7} - \text{coluna3})$$

Coluna 9 - É relativo ao "overflow", isto é, quando a água fica sobrando e é jogada para fora. O resultado é obtido pela seguinte fórmula:

$$\text{Coluna 9} = SE((\text{coluna5} + \text{coluna7} - \text{coluna3}) > \text{coluna6}; \text{coluna5} + \text{coluna7} - \text{coluna3} - \text{coluna6}; 0)$$

Coluna 10 - É a coluna da reposição da água, que pode vir do serviço público de abastecimento ou de caminhão tanque ou de outra procedência.

$$\text{Coluna 10} = SE(\text{coluna7} + \text{coluna5} - \text{coluna3} < 0; -(\text{coluna7} + \text{coluna5} - \text{coluna3}); 0)$$

NOTA: Para este método duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representativos para as condições futuras.

2.3.1.3 Confiança (reliability)

A definição de falha (Pr) é a relação entre o número de meses que o reservatório não atendeu a demanda (nr) e o número total de meses (n) que no caso n=12 meses.

$$Pr = nr / n$$

A confiança (Rr) representa a proporção do tempo em que o reservatório atende à demanda. É o complemento da falha (Pr).

$$Confiança = Rr = (1 - Pr)$$

2.3.1.4 Confiabilidade Volumétrica do sistema

$$Rv = 100 \times Vs / Vd$$

Sendo:

Vs = volume da água de chuva

Vd = volume da demanda

2.3.2 Componentes Básicos de um Sistema para Captação de Água da Chuva

Segundo ACQUASAVE (2008), o sistema de captação de água da chuva é composto por quatro componentes básicos:

- Captação da água;
- Filtragem;
- Armazenamento;
- Distribuição;

Na Figura 6 é ilustrado um sistema de reuso de água da chuva com bomba de recalque em residências.

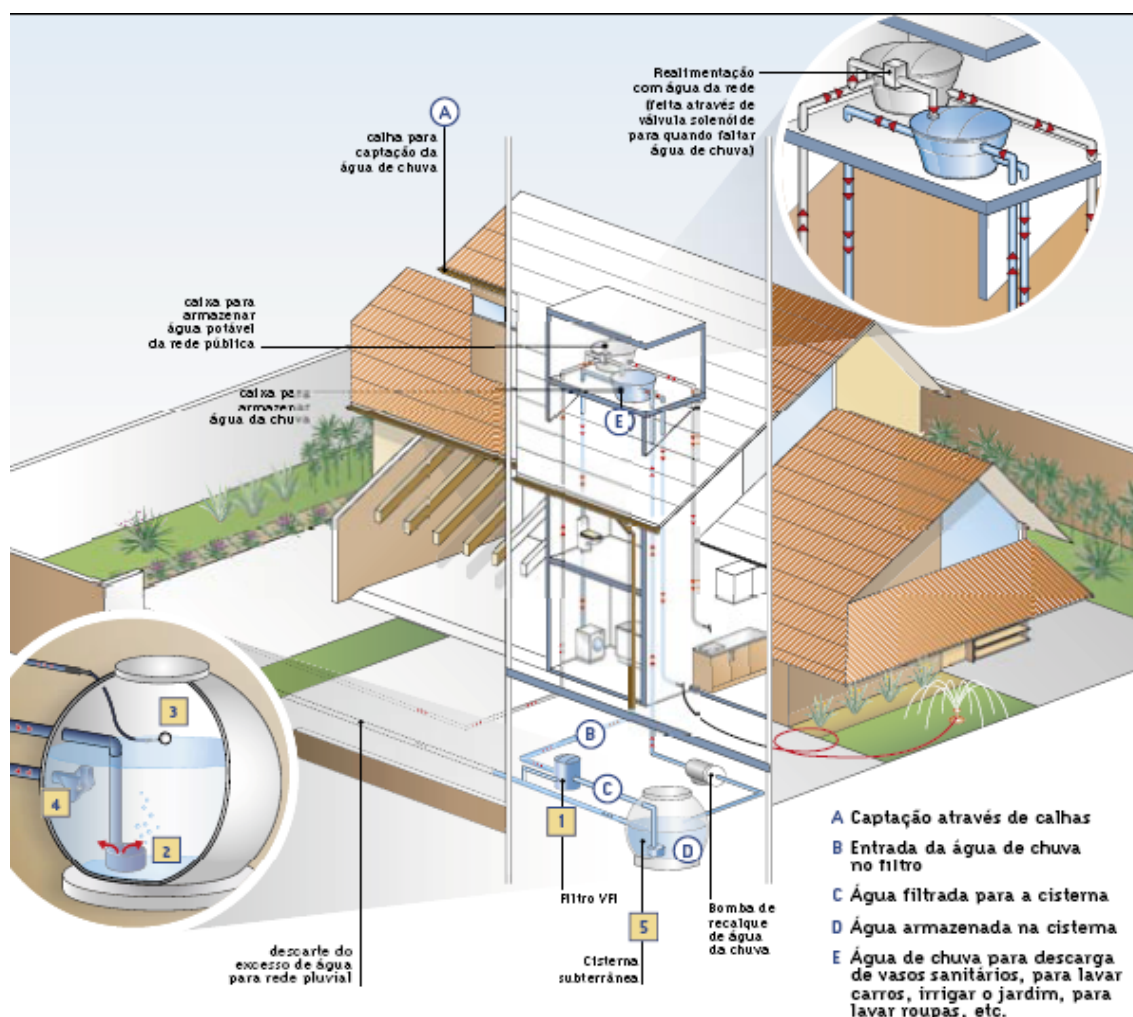


Figura 6 - Reutilização de Água da Chuva com Bomba de Recalque

Fonte: Acqua Save, Bella Calha e 3P Technik (2008)

A captação da água da chuva é feita através de telhados, lajes de cobertura e varandas. A água é direcionada para calhas que, por tubos de queda, levam-na para uma cisterna enterrada ao lado da casa.

No processo de filtragem a água passa pelo filtro, conforme figura 7, ocorrendo as seguintes etapas:

- Ao entrar no filtro, a água é freada no compartimento superior, entrando depois nos vãos entre as lâminas da cascata, mercê do seu desenho especial;
- A limpeza preliminar tem lugar nestas lâminas, uma vez que os sólidos maiores deslizam sobre elas, sendo desviados para a rede pluvial.

- A água passa então por uma tela (malha de 0.26 mm) existente sob a cascata, sendo o material fino retido igualmente conduzido à rede pluvial;
- Finalmente, a água limpa é conduzida para armazenamento (BERTOLO, 2006).



Figura 7 – Filtro para água captada

Fonte: <http://www.agua-de-chuva.com>

Outro dispositivo que pode ser usado como complemento ou alternativa para a filtração é um dispositivo chamado de first-flush para a rejeição das primeiras águas provenientes do telhado, como mostrado na Figura 8.

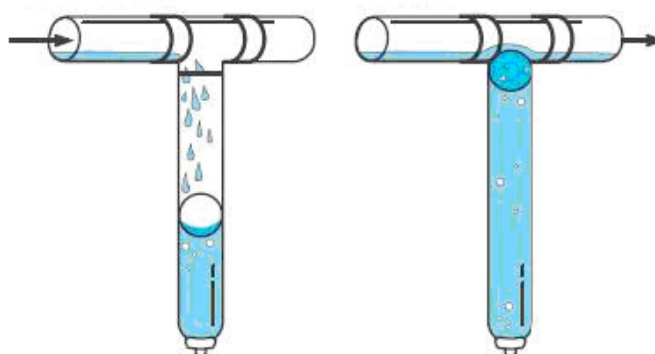


Figura 8 – Sistema first-flush

Fonte: <http://www.reuk.co.uk/Collect-Rainwater.htm>

“As primeiras águas são temporariamente armazenadas num pequeno reservatório, que depois de cheio transborda para a verdadeira alimentação do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais. Entretanto, o dispositivo vai-se auto-esvaziando através de um orifício de pequeno diâmetro” (BERTOLO, 2006).

“O armazenamento da água deve ser feito por uma cisterna enterrada, para que a água não sofra influência da luz e do calor, retardando a ação das bactérias” (BERTOLO, 2006).

Esta cisterna pode ser fabricada em polietileno com alta resistência, conforme a Figura 9, ou de fibra de vidro, onde deve ser instalada dentro de uma caixa de alvenaria, pois seu material não suporta as pressões do solo (ACQUASAVE, 2008).



Figura 9- Cisterna de Polietileno

Fonte: <http://www.acquasave.com.br>

No fundo da cisterna deve ser instalado um freio d'água com a função de tirar a pressão d'água ao entrar para a cisterna, evitando que a água remexa a sedimentação no fundo da mesma.

Para a retirada de impurezas da superfície da água e bloqueio de cheiros vindos da galeria pluvial é utilizado o sifão ladrão, que também serve como extravasor caso a quantidade de água captada exceda o volume do reservatório.

A distribuição d'água pode ser feita através de um pressurizador ou bomba de recalque, dependendo da utilização. No caso do pressurizador, deve ser instalado abaixo do nível da água da cisterna para que leve a água para os pontos de consumo, sendo possível sua utilização apenas no nível térreo da residência. O mais utilizado é a bomba para recalque que leva a água para um reservatório específico para água da chuva, a um nível pouco abaixo da caixa de água potável, e de lá é distribuída para toda a residência com canalização própria. Em caso de falta de água da chuva é

instalada uma válvula solenóide conectada ao reservatório de água potável, assim com o auxílio de uma chave bóia elétrica, o sistema é abastecido com água potável (ACQUASAVE, 2008).

2.3.3 Normatização para Captação de Água da Chuva

Abaixo estão descritas as condições gerais para aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, retiradas da ABNT/CEET-00.001.77 de agosto de 2007.

A concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às ABNT NBR 5626 e ABNT NBR 10844. No caso da ABNT NBR 10844, não deve ser utilizada caixa de areia e sim caixa de inspeção.

Devem constar no estudo o alcance de projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema.

Na concepção incluem-se os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento de água de chuva.

Calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à ABNT NBR 10844 e serem observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, também devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas atendendo à ABNT NBR 12213.

É recomendado que o dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial que pode ser instalado seja automático e quando utilizado o mesmo deve ser dimensionado pelo projetista e na falta de dados recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Os reservatórios devem atender à ABNT NBR 12217 e ter considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. O seu turbilhonamento deve ser minimizado, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície e recomenda-se que seja feita a 15 cm da superfície.

Quando o reservatório for alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada.

O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

onde

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

η fator de captação é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626.

O volume não aproveitável da água de chuva pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade local competente.

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 extravasão.

As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável e o sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com ABNT NBR 5626.

Pontos de consumo, como por exemplo uma torneira de jardim, devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição “água não potável” e identificação gráfica. Reservatórios de água de distribuição de água potável e de água de chuva devem ser separados.

3 ESTUDO DE CASO

Para a verificação do potencial econômico de água potável obtido através de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, na indústria do ramo moveleiro Bento Móveis, foi desenvolvido um estudo de caso que compreende as seguintes etapas: caracterização da área de estudo, característica da indústria, levantamento e análise dos dados pluviométricos, previsão de consumo de água da chuva, demanda de água da chuva, dimensionamento do reservatório e custo da obra.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Fundada em julho de 1973, a indústria Bento Móveis está situada na cidade de Alvorada no estado do Rio Grande do Sul, onde em dezembro de 2007 terminou suas novas instalações, com Latitude 29°.99960 e Longitude 51°.01955. Possui uma área total de 23.000 metros quadrados e destes 4.600 metros quadrados são de área construída (4.400 metros quadrados de indústria e 200 metros quadrados de setor administrativo), 6.000 metros quadrados de área de jardins, 2.400 metros quadrados de açude e 10.000 metros quadrados de circulação, área de manobra e estacionamento de veículos. A empresa conta com 150 funcionários e 6 banheiros. Foram inseridas as figuras 10 a 18 para uma melhor visualização da caracterização do empreendimento.



Figura 10 – Delimitação da área

Fonte: <http://maps.google.com.br/>



Figura 11 – Jardim

Fonte: Autor



Figura 12 – Fachada

Fonte: Autor



Figura 13 – Indústria

Fonte: Autor



Figura 14 – Indústria

Fonte: Autor



Figura 15 – Setor administrativo

Fonte: Autor

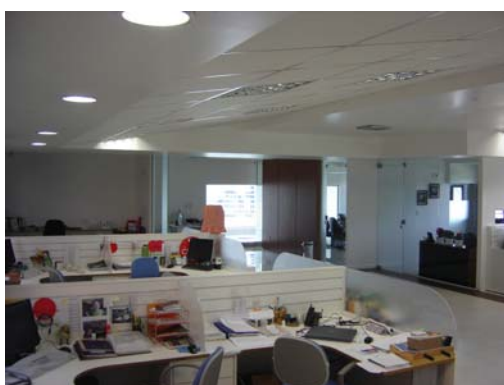


Figura 16 – Setor administrativo

Fonte: Autor



Figura 17 – Açude

Fonte: Autor



Figura 18 – Setor de pintura

Fonte: Autor

3.2 CARACTERÍSTICA DA INDÚSTRIA

O processo da indústria é realizado conforme fluxograma demonstrado na figura 19.



Figura 19 – Fluxograma

Fonte: Bento Móveis

Analisando o fluxograma da indústria demonstrado na figura 19, foi identificada a possibilidade do uso do aproveitamento da água captada da chuva no processo de pintura.

A seguir na figura 20 será demonstrado o fluxograma ilustrado para uma melhor visualização dos processos da indústria.

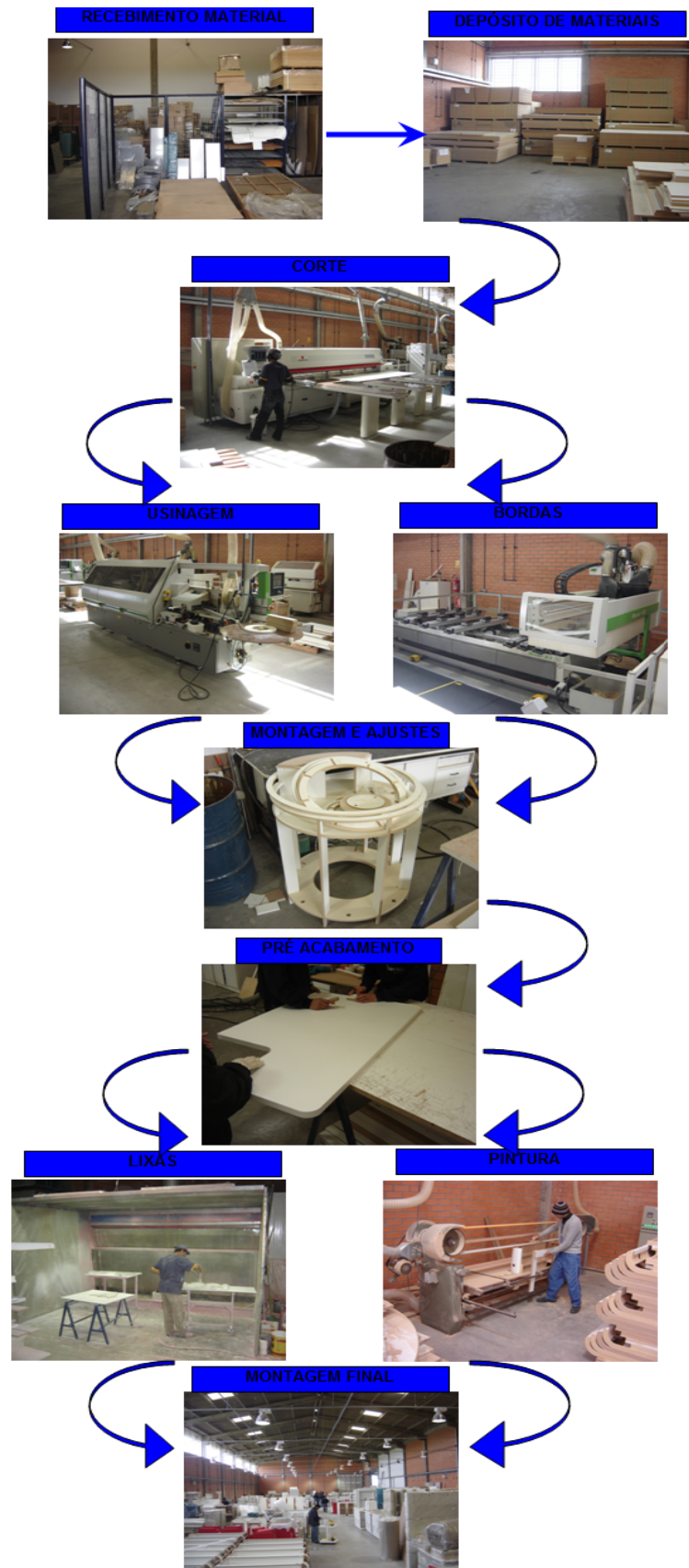


Figura 20 – Fluxograma Ilustrado

Fonte: Autor

3.3 POSSÍVEIS LOCAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA INDÚSTRIA

Devido ao seu padrão de qualidade, a água captada da chuva pode ser utilizada para usos secundários, se houver captação suficiente o seu aproveitamento na indústria será possível nas bacias sanitárias, lavagem de piso, rega de jardim e cabines de pintura.

3.4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para realizar a análise dos dados pluviométricos se fez necessário o levantamento da série histórica de chuvas da região desejada. Neste caso, por ser a mais próxima da indústria Bento Móveis e ter os dados necessários disponíveis para consulta, foi utilizada a série histórica da estação pluviométrica código 3050008, localizada na cidade de Viamão no estado do Rio Grande do Sul, conforme figura 21.

Dados da Estação	
Código	03050008
Nome	LOMBAS
Código Adicional	-
Bacia	ATLÂNTICO, TRECHO SUDESTE (8)
Sub-bacia	LAGOA DOS PATOS (87)
Rio	RIO GRAVATAÍ
Estado	RIO GRANDE DO SUL
Município	VIAMÃO
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-30:2:48
Longitude	-50:42:7
Altitude (m)	-
Área de Drenagem (km2)	-

Figura 21 – Dados da Estação

Fonte: www.ana.gov.br

Quadro 15 – Dados pluviométricos das chuvas médias mensais dos anos 2002, 2003, 2004 e 2006

Mês/ Ano	2002	2003	2004	2006	Média
Jan	67,9	53,6	28,2	141,7	72,85
Fev	89,8	170,8	92,2	93,2	111,5
Mar	133,3	68,8	49	121,3	93,1
Abr	151,5	59,6	52,9	29,4	73,35
Mai	126,9	57,7	175,9	208,2	142,175
Jun	190,8	184	59,1	88,2	130,525
Jul	192,2	169,7	143,8	74,8	145,125
Ago	140,6	61,4	69,8	133,5	101,325
Set	109,3	72,7	226,5	97,2	126,425
Out	127,3	104,8	93,4	31,3	89,2
Nov	146,3	136,1	118,4	135,1	133,975
Dez	143,5	150,5	56,3	103,1	113,35
TOTAL (mm/ano)	1619,4	1289,7	1165,5	1257	1332,9

Fonte: Modificado de ANA, 2008

Conforme apresentado no quadro 15, foi obtida a média mensal de chuvas dos anos 2002, 2003, 2004 e 2006 e a média total de chuvas. O ano de 2005 não foi utilizado por apresentar inconsistências.

Com base nos dados das séries históricas estudadas verificou-se que o tempo máximo que a estação ficou sem registrar chuva nos anos de 2002, 2003, 2004 e 2006 foi de 30 dias consecutivos.

3.5 PREVISÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

Para poder analisar a eficiência do aproveitamento de água da chuva, sua necessidade e seu dimensionamento, é necessário quantificar as previsões de consumo de água na indústria.

3.5.1 Previsão de consumo de água no processo industrial

Conforme fluxograma do processo industrial demonstrado na figura 19, podemos observar que o único consumo de água no processo de industrialização é na etapa de pintura. As cabines de pintura possuem cortinas de água, onde a retenção é feita por atração molecular de sólidos com a água, que é substituída uma vez por mês. A empresa possui duas cabines pequenas com 600 (seiscentos) litros cada e uma cabine grande com 3.000 (três mil) litros (valores informados pelo empreendedor) sendo assim, a previsão de consumo de água no processo industrial é de 4.200 (quatro mil e duzentos) litros por mês. A tabela 1 demonstra o somatório de consumo das cabines.

Tabela 1– Consumo de água das cabines de pintura

Cabine Pequena	600	Litros/mês
Cabine Pequena	600	Litros/mês
Cabine Grande	3000	Litros/mês
TOTAL	4200	Litros/mês

3.5.2 Previsão de consumo de água pelos funcionários

O número de funcionários que trabalham na indústria e a quantidade de dias trabalhados no mês são de suma importância para o cálculo de consumo de água por se tratar de um consumo constante, baseado nos dados de consumo fornecidos no quadro 8, seguem os cálculos.

- Dados:

$$9 \text{ litros/descarga} \times 5 \text{ descarga/dia/funcionário} = 45 \text{ litros/dia/funcionário}$$

$$\left. \begin{array}{l} 150 \text{ funcionários} \\ 45 \text{ litros/dia/funcionário} \\ 22 \text{ dias trabalhados no mês} \end{array} \right\} 150 \times 45 \times 22 = 148.500 \text{ litros/mês}$$

Tabela 2– Consumo de água gerado pelos funcionários no uso do vaso sanitário

Consumo	Nº de Funcionários	Nº de dias trabalhados	Consumo Total (litros/mês)
45 l/dia	150	22	148.500

3.5.3 Previsão de outros consumos de água na indústria

O quadro 8 demonstra os dados utilizados para o cálculo de previsão consumo do item 3.5.3.

Quadro 16 – Dados para consumo de água

Rega de jardim	3,0 L /m²/dia
	8 utilizações/mês
Lavagem da área impermeabilizada	4,0 L /m²/dia
	8 utilizações/mês

Fonte: Modificado de PROSAB, 2007

- Consumo de água na rega de jardim:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Consumo} = 3,0 \text{ litros/m}^2/\text{dia} \\ \text{Frequência} = 8 \text{ Utilizações/mês} \end{array} \right\} \text{Total} = 3 \times 8 \times 6.000 = 144.000 \text{ litros/mês}$$

Área de jardim = 6.000 m²

- Consumo de água para lavagem do piso administrativo:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Consumo} = 4,0 \text{ litros/m}^2/\text{dia} \\ \text{Frequência} = 8 \text{ Utilizações/mês} \\ \text{Área de jardim} = 200 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \text{Total} = 4 \times 8 \times 200 = 6.400 \text{ litros/mês}$$

3.5.4 Previsão de consumo total de água na Indústria

Para totalizar o consumo de água na indústria é necessário realizar o somatório dos itens 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3, na tabela 3 está demonstrado este somatório.

Tabela 3 – Previsão de consumo total

Item	Descrição	Consumo	
		Litros	Metro Cúbico (m ³)
3.5.1	Cabines de Pintura	4200	4,2
3.5.2	Funcionários	148500	148,5
3.5.3	Rega de Jardim	144000	144
	Lavagem de Piso	6400	6,4
	TOTAL	303100	303,1

Conforme o somatório realizado, obteve-se o consumo de água médio mensal de 303.100 litros ou 303,1 m³.

3.6 ANÁLISE DOS PONTOS PARA COLETA DE ÁGUA DA CHUVA

Foi realizada uma análise do local para ver a melhor possibilidade de captação de água da chuva e observou-se que o telhado devido a sua extensa área, seria a melhor alternativa para realizar a captação.

As calhas e condutores do sistema instalado estão de acordo com a NBR 10.844/89, da ABNT, que trata de instalações prediais de águas pluviais.

Nas instalações existentes toda água captada da chuva no telhado é encaminhada para galerias pluviais.

Na figura 22 está ilustrado o sistema de coleta de água da chuva a ser utilizado na indústria.

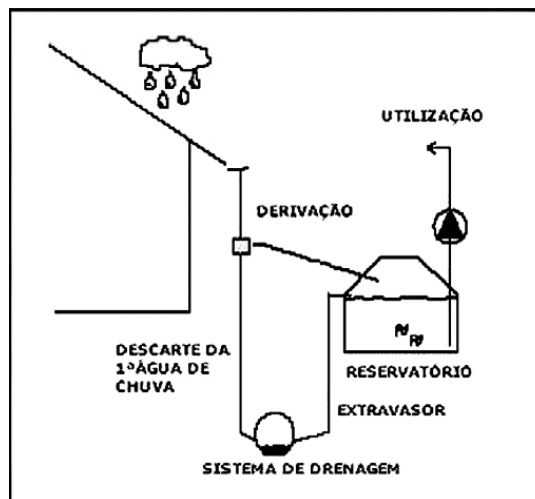


Figura 22 – Sistema de coleta de água da chuva

Fonte: PROSAB, 2007

Nesse sistema a água é captada no telhado escoada pelas calhas e tubulações até chegar ao filtro de separação, onde os sólidos e a água de lavagem do “Runoff” são encaminhados para rede pluvial e o restante da água é armazenada em um reservatório para utilização.

A figura 23 demonstra a área de captação para coleta de água da chuva do empreendimento.



Figura 23 – Telhado da Indústria

Fonte: Autor

O telhado é a área de captação utilizada no sistema do empreendimento estudado e é composto por telhas de fibrocimento. Segundo TOMAZ (2003), o melhor valor do coeficiente de escoamento superficial representado pela letra C é 0,80, que significa uma perda de 20 % de toda água precipitada.

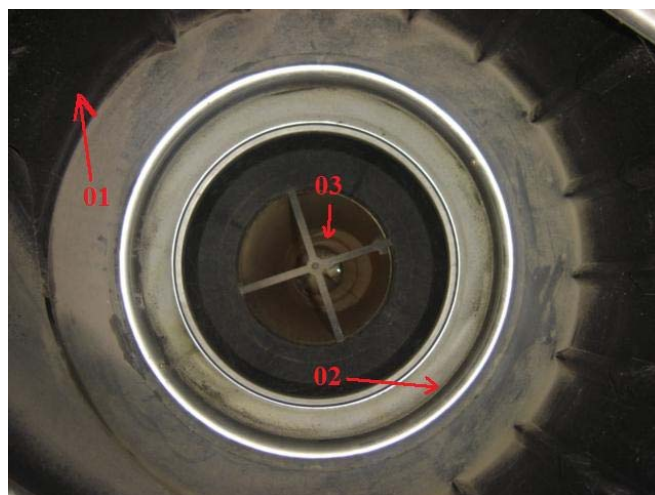


Figura 24 – Filtro Volumétrico Sugerido

Fonte: Autor

Na figura 24 está demonstrado o funcionamento do filtro volumétrico sugerido, visando um melhor entendimento, conforme sequência a seguir;

- 01 - Entrada da água captada.
- 02 - Passagem da água para tela do filtro e envio para o reservatório.
- 03 - Água descartada.



Figura 25 – Tela

Fonte: Autor

Na figura 25 está destacado o filtro que funciona como uma peneira separando os sólidos presentes na água coletada para descarte.

A figura 26 mostra as possíveis bombas a serem utilizadas. para recalque da água depositada no reservatório inferior para o reservatório elevado de consumo não potável.



Figura 26 – Bombas

Fonte: Autor

As bombas de recalque sugeridas demonstradas na figuras 26 estão ligadas em paralelo, ou seja, para funcionarem como reserva uma da outra. São utilizadas para elevar a água do reservatório da água captada da chuva até o reservatório de consumo não potável.

3.7 DEMANDA DE ÁGUA DA CHUVA

A indústria Bento Móveis, apesar de não possuir um sistema de captação de água da chuva, foi projetada para futuramente ter o sistema implantado. Realizou-se a separação das redes hidráulicas potáveis e não potáveis, ou seja, possui dois reservatórios elevados e um subterrâneo, um dos reservatórios elevados é utilizado para abastecimento do consumo de bacias sanitárias e cabines de pintura e dois pontos de água não potável “torneiras” utilizados para lavagem do piso, o outro reservatório elevado é utilizado para pontos de consumo de água potável e o reservatório subterrâneo para reserva de incêndio.

De acordo com a tabela 3, onde a previsão calculada foi de 385.600 litros de consumo mensal de água na indústria, podemos definir a demanda necessária de água captada da chuva.

Como em todos os locais de consumo de água abordados na indústria pode ser utilizada água não potável, objetiva-se que seja de 100% o consumo de água suprido pela captação pluvial.

3.8 ANÁLISE DO SUPRIMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA DA CHUVA

Tomando como base o método de Rippl, vamos analisar a demanda de água total (tabela 3) versus o volume de água captado da chuva, desta maneira será verificado o atendimento da demanda de água não potável da indústria que deverá ser atendida pela captação pluvial.

Tabela 4– Demanda de água total x Volume de água captado da chuva (Verificação 1)

1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Diferença entre os Volumes da Demanda e de Chuva (m³)
Janeiro	72,85	303,1	2900	169,01	134,09
Fevereiro	111,50	303,1	2900	258,68	44,42
Março	93,10	303,1	2900	215,99	87,11
Abril	73,35	303,1	2900	170,17	132,93
Maio	142,18	303,1	2900	329,85	-26,75
Junho	130,53	303,1	2900	302,82	0,28
Julho	145,13	303,1	2900	336,69	-33,59
Agosto	101,33	303,1	2900	235,07	68,03
Setembro	126,43	303,1	2900	293,31	9,79
Outubro	89,20	303,1	2900	206,94	96,16
Novembro	133,98	303,1	2900	310,82	-7,72
Dezembro	113,35	303,1	2900	262,97	40,13
TOTAL	1332,90	3637,2		3092,33	

Conforme demonstrado na tabela 4, não é possível suprir toda a demanda de água gerada pela indústria, pois a diferença entre a demanda e a captação total anual de água é de 544,87 m³ e o tamanho do reservatório ficaria com um volume muito elevado, onerando a indústria. Sendo assim, é necessário reavaliar os pontos de consumo que serão abastecidos pela água captada.

Após a inviabilidade de suprir totalmente o consumo com a água captada da chuva, optou-se por retirar o atendimento da rega de jardim. Diante do exposto, será necessário verificar uma nova previsão de consumo do atendimento pela água captada. Na tabela 5 serão demonstrados os pontos de consumo que possivelmente serão atendidos.

Tabela 5– Pontos de consumo possivelmente atendidos pela captação pluvial

Item	Descrição	Consumo	
		Litros	Metro Cúbico (m³)
3.5.1	Cabines de Pintura	4200	4,2
3.5.2	Funcionários	148500	148,5
3.5.3	Lavagem de Piso	6400	6,4
Total		159100	159,1

A demanda média mensal de água para atendimento total do consumo das cabines de pintura, dos sanitários e da lavagem de piso é de 159,1 m³, novamente será realizada uma análise utilizando o método de Rippl, conforme demonstrado na tabela 6.

Tabela 6– Demanda de água total x Volume de água captado da chuva (Verificação 2)

1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre os Volumes da Demanda e de Chuva (m ³)
Janeiro	72,85	159,1	2900	169,01	-9,91
Fevereiro	111,50	159,1	2900	258,68	-99,58
Março	93,10	159,1	2900	215,99	-56,89
Abril	73,35	159,1	2900	170,17	-11,07
Maio	142,18	159,1	2900	329,85	-170,75
Junho	130,53	159,1	2900	302,82	-143,72
Julho	145,13	159,1	2900	336,69	-177,59
Agosto	101,33	159,1	2900	235,07	-75,97
Setembro	126,43	159,1	2900	293,31	-134,21
Outubro	89,20	159,1	2900	206,94	-47,84
Novembro	133,98	159,1	2900	310,82	-151,72
Dezembro	113,35	159,1	2900	262,97	-103,87
TOTAL	1332,90	1909,2		3092,33	

Analisando a tabela 6, observa-se que a previsão de todos os meses do ano gera captação de água suficiente para atender os pontos de consumo descritos na tabela 5 e ainda haverá um excedente d'água que será dispensado nas galerias pluviais ou utilizado para reserva de incêndio.

3.9 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para o dimensionamento do reservatório (tabela 7), utilizando-se o método de Rippl, será considerada a demanda mensal de 241,6 m³ de água captada para suprir os pontos de consumo conforme a tabela 5.

Tabela 7– Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Diferença entre os Volumes da Demanda e de Chuva (m³)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m³)	Obs.
Janeiro	72,85	159,1	2900	169,01	-9,91		E
Fevereiro	111,50	159,1	2900	258,68	-99,58		E
Março	93,10	159,1	2900	215,99	-56,89		E
Abril	73,35	159,1	2900	170,17	-11,07		E
Maio	142,18	159,1	2900	329,85	-170,75		E
Junho	130,53	159,1	2900	302,82	-143,72		E
Julho	145,13	159,1	2900	336,69	-177,59		E
Agosto	101,33	159,1	2900	235,07	-75,97		E
Setembro	126,43	159,1	2900	293,31	-134,21		E
Outubro	89,20	159,1	2900	206,94	-47,84		E
Novembro	133,98	159,1	2900	310,82	-151,72		E
Dezembro	113,35	159,1	2900	262,97	-103,87		E
TOTAL	1332,90	1909,2		3092,33			

Com a inserção dos dados na tabela do método de Rippl, observa-se que a coluna 7 retornou somente valores não válidos (negativos), sendo assim analisamos que o volume do reservatório se faz satisfatório igual ao volume de demanda mensal constante, que no caso é 159,1 m³. Para verificação e refinamento deste método, será utilizado ainda o cálculo do volume do reservatório através do método da Simulação, conforme as tabelas 8 e 9.

Tabela 8– Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação
(Sem refinamento)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Meses	Chuva Média (mm)	Demanda mensal constante (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de chuva C=0,8 (m³)	Volume do resertório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m³)	Volume do reservatório no tempo t (m³)	"Overflow" (m³)	Suprimento de água externo (m³)
Janeiro	72,85	159,1	2900	169,01	159,1	0,00	9,91	0,00	0,00
Fevereiro	111,50	159,1	2900	258,68	159,1	9,91	109,49	0,00	0,00
Março	93,10	159,1	2900	215,99	159,1	109,49	109,49	7,28	0,00
Abril	73,35	159,1	2900	170,17	159,1	109,49	120,56	0,00	0,00
Maio	142,18	159,1	2900	329,85	159,1	120,56	120,56	132,21	0,00
Junho	130,53	159,1	2900	302,82	159,1	120,56	120,56	105,18	0,00
Julho	145,13	159,1	2900	336,69	159,1	120,56	120,56	139,05	0,00
Agosto	101,33	159,1	2900	235,07	159,1	120,56	120,56	37,44	0,00
Setembro	126,43	159,1	2900	293,31	159,1	120,56	120,56	95,67	0,00
Outubro	89,20	159,1	2900	206,94	159,1	120,56	120,56	9,31	0,00
Novembro	133,98	159,1	2900	310,82	159,1	120,56	120,56	113,19	0,00
Dezembro	113,35	159,1	2900	262,97	159,1	120,56	120,56	65,34	0,00
TOTAL	1332,90	1909,20		3092,33	1909,20			704,67	0,00

Na tabela 8, foi mantido o volume do reservatório encontrado no método de Rippl de 159,1 m³, objetivando um melhor entendimento do refinamento a ser realizado no método da simulação demonstrado na tabela 9.

**Tabela 9– Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação
(Com refinamento)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Meses	Chuva Média (mm)	Demanda mensal constante (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de chuva C=0,8 (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m ³)	Volume do reservatório no tempo t (m ³)	"Overflow" (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Janeiro	72,85	159,1	2900	169,01	21	0,00	9,91	0,00	0,00
Fevereiro	111,50	159,1	2900	258,68	21	9,91	9,91	88,49	0,00
Março	93,10	159,1	2900	215,99	21	9,91	9,91	45,80	0,00
Abril	73,35	159,1	2900	170,17	21	9,91	20,98	0,00	0,00
Maio	142,18	159,1	2900	329,85	21	20,98	20,98	170,73	0,00
Junho	130,53	159,1	2900	302,82	21	20,98	20,98	143,70	0,00
Julho	145,13	159,1	2900	336,69	21	20,98	20,98	177,57	0,00
Agosto	101,33	159,1	2900	235,07	21	20,98	20,98	75,96	0,00
Setembro	126,43	159,1	2900	293,31	21	20,98	20,98	134,19	0,00
Outubro	89,20	159,1	2900	206,94	21	20,98	20,98	47,83	0,00
Novembro	133,98	159,1	2900	310,82	21	20,98	20,98	151,71	0,00
Dezembro	113,35	159,1	2900	262,97	21	20,98	20,98	103,86	0,00
TOTAL	1332,90	1909,20		3092,33	252,00			1139,84	0,00

Conforme demonstrado na tabela 9, o volume do reservatório será de 21,00 m³, não gerando o suprimento de água potável fornecida pela concessionária local e dispensando um excesso de 1.139,84 m³ anuais de água captada da chuva devido a extravasamento do reservatório utilizada para reserva de incêndio.

Após a definição do volume do reservatório, é necessário calcular a falha e a confiança do sistema de aproveitamento de água da chuva dimensionado.

$$\text{Falha} = Pr = nr / n \rightarrow 0 / 12 = 0$$

Portanto a falha é igual a 0 ou seja 0%

$$\text{Confiança} = Rr = (1 - Pr) = 1 - 0 = 100\%$$

O sistema de aproveitamento de água da chuva tem seu funcionamento durante o ano com 100% de confiança.

3.10 CUSTO DA OBRA

Para verificar o custo da obra de complementação do sistema de aproveitamento de água da chuva, será utilizada como base para os cálculos deste custo a tabela 10 modificada de Plínio Tomaz, o qual desenvolveu a mesma para um sistema com

capacidade de 50m³ de reserva de água, onde o mesmo informa o custo da implantação por m³ de água reservada é de US\$ 178,00 em 23/012002.

Tabela 10– Custo de um reservatório enterrado de concreto armado

Itens	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
1	Limpeza Manual	m ²	31,18	0,30	9,35
2	Locação da Obra	m	50,00	0,80	40,00
3	Sondagens	m	20,00	9,90	198,00
4	Escavação mecânica	m ³	58,00	2,30	133,40
5	Aterro Compactado	m ³	9,00	3,40	30,60
6	Carga e Transporte de terra	m ³	49,00	2,10	102,90
7	Lastro de brita de 0,10m	m ³	3,11	14,80	46,03
8	Lastro de concreto magro 0,10m	m ³	3,11	83,00	258,13
9	Concreto Usinado fck= 15 MPA	m ³	16,30	82,60	1346,38
10	Ferro CA- 50	kg	1141,00	0,90	1026,90
11	Forma de tabua	m ²	115,00	7,20	828,00
12	Emboço	m ²	23,00	1,70	39,10
13	Drenagem 30 cm tubo furado	m	180,00	7,40	1332,00
14	Geotêxtil 400g/m ²	m ²	198,00	1,50	297,00
15	Tubo concreto 0,40 descarga	m	50,00	9,10	455,00
16	Tampa de ferro fundido 600 mm	und	1,00	43,10	43,10
17	Tubos entrada e descarga 100 mm Impermeabilização com membrana asfalto	m	10,00	26,10	261,00
18		m ²	31,00	8,80	272,80
19	Bomba flutuante até 5HP	und	1,00	229,40	229,40
20	Válvula	und	1,00	114,20	114,20
21	Instalação elétrica	verba	1,00	208,30	208,30
22	Escada metálica	verba	1,00	208,30	208,30
				Sub-total	7479,89
				Outros 10%	747,99
				TOTAL	8227,88

Fonte: Modificado de TOMAZ, 2002

Após as modificações realizadas para adaptar o custo as necessidades da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva na indústria, chegou-se ao valor de US\$ 164,56 / m³ de água reservada.

Cotação do Dólar igual a R\$ 2,1145/US\$ 1,00 (31-10-2008), sendo assim podemos calcular o custo da implantação do reservatório e suas conexões para o sistema de aproveitamento de água da chuva.

$$\text{Custo da obra} = (\text{US\$}164,56/\text{m}^3) \times 21,00 \text{ m}^3 = \text{US\$} 3.455,76$$

Então:

$$\text{US\$} 3.455,76 \times \text{R\$} 2,1145/\text{US\$} = \text{R\$} 7.307,20$$

Para corrigir o custo da implantação do reservatório será utilizado o índice do Custo Unitário Básico (CUB) de janeiro de 2002 atualizado para novembro de 2009, conforme valores fornecidos pelo SINDUSCON/RS.

CUB - 01/2002 = R\$ 568,52

CUB - 11/2008 = R\$ 1.069,27

Aumento de 88,08% entre janeiro de 2002 e novembro de 2008, sendo assim o custo da implantação será:

$R\$7.307,20 \times 88,08\% = R\$ 13.743,38$

Conforme acima calculado, o custo aproximado da implantação do reservatório e conexões do sistema de aproveitamento da água da chuva, visto que a indústria já possui reservatórios elevados e redes de água potável e não potável separadas, bem como espera para implantação futura do sistema, é de R\$ 13.743,38 reais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria Bento Móveis, levando-se em consideração a precipitação da região e o fato da empresa estar pré-concebida para realizar a captação e o aproveitamento da água da chuva, constatou-se que há viabilidade técnica na instalação do sistema estudado.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho realizou-se o estudo da captação e aproveitamento de água da chuva na indústria Bento Móveis, na qual vislumbrou-se a utilização deste sistema em virtude da dimensão do telhado que possui elevada área para possível captação de água da chuva. Levantou-se a demanda interna e externa de água não potável e verificou-se que a precipitação seria suficiente para atender parcialmente a demanda estudada de água não potável.

Como a verificação da precipitação da chuva foi parcialmente satisfatória, iniciou-se os cálculos para dimensionamento do volume ideal do reservatório, de acordo com os métodos utilizados chegou-se ao volume de 21,00 m³ como ideal para atendimento da demanda de água da chuva analisada, dessa maneira o suprimento de água da chuva será de aproximadamente 100 % do consumo de água não potável da indústria.

Segundo informações do empreendedor, seu consumo médio mensal de água medido e cobrado pela fornecedora CORSAN é de 415,00 m³, então com a implantação do sistema estudado de captação e aproveitamento de água da chuva, sua redução será de aproximadamente 159,1 m³ por mês, no consumo de água tratada fornecida pela CORSAN.

Além das vantagens econômicas que a implantação deste sistema pode trazer existem as vantagens ao meio ambiente, pois toda a água captada ajuda a minimizar a ocorrência de enchentes e falta de água, sem falar do consumo indevido de água tratada, a qual possui um custo relativamente elevado.

REFERÊNCIAS

Acqua save. Aproveitamento da água de chuva. Disponível em: <http://www.acquasave.com.br>. Acesso em: 28 de julho de 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>. Acessado em 25 de junho de 2008.

ANDRADE, Maria Margarida de. Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas. São Paulo: Atlas, 1995.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 07 de julho de 2008.

AQUASTOCK – A economia que cai do céu. Previsão de consumo. Disponível em: <http://www.aquastock.com.br/financiamento.htm>. Acessado em 25 de junho de 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR10520: informação e documentação – apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, 2001.

AZEVEDO NETO, J. M.. Aproveitamento de Águas de chuva para Abastecimento. BIO Ano III, nº 2; Rio de Janeiro, 1991.

Bertolo, E. Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2006.

CIRRA/FCTH, Manual de Conservação e Reuso de Água Para a Indústria. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>. Acessado em 01 de Junho de 2008.

Collect Rainwater – Equipamento “first flush”. Disponível em: <http://www.reuk.co.uk/Collect-Rainwater.htm>. Acessado em 05 Julho de 2008.

DRH/SEMA - Departamento de Recursos Hídricos/Secretaria de Meio Ambiente, Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br>. Acessado em 21 de julho de 2008.

ECOCASA - Soluções residenciais individuais e coletivas. Sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva. Disponível em: <http://www.ecocasa.com.br/>. Acessado em 16 de julho de 2008.

FURB, CAPTAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO INDUSTRIAL REA – Revista de estudos ambientais v.9, n.2, p. 62-72, jul./dez. 2007

GERMAIN, L; COLAS, L; ROUQUET, J. Tratamento de Águas. São Paulo: Polígono, 1972.

GHISI, E. A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

GOOGLE EARTH Windows XP Professional. Versão 4.0.2742, 2008

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água de Chuva. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

HANSEN, S. Aproveitamento da Chuva em Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1996.

HARREMOËS, P.; Integrated water and waste management. Water Science and Technology, n.35, 1997 p.11-20.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 de junho de 2008.

LEI ORDINÁRIA n° 10.785; Paraná: 18 de Setembro de 2003

MAY, S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MIERZWA, José C. e Hespanhol, Ivaldino. Água na indústria uso racional e reuso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

OLIVEIRA, J. P. M. de., MOTTA C. A. P. Como escrever textos técnicos. São Paulo: Thomson, 2005. 137 p.

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>. Acessado em 05 de maio de 2008.

PROSAB, Uso Racional da Água em Edificações / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro : ABES, 2006.

ROSA, Ediane. Projeto de Sistema de Abastecimento de Água. 2007 (Apostila da Disciplina)- Universidade Luterana do Brasil, Canoas/RS.

ROCHA, A.L., BARRETO, D. et IOSHIMOTO, E. Caracterização e Monitoramento do Consumo Predial de Água - Documento Técnico de Apoio DTA E1 – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. PNCDA. (1999)

ROCHA, A.L. et MONTENEGRO, M.H.F. Conservação de água no uso doméstico: esforço brasileiro. In Anais do Simpósio Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público, São Paulo, 28 a 30 de outubro de 1986. São Paulo, IPT, 1987, pp. 289-315.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acessado em 10 de maio de 2008.

SANTOS FILHO, D. F. Tecnologia de Tratamento de Água : Água para Indústria. Rio de Janeiro: Almeida Neves, 1985.

SILVA, Eduardo Rosa da. Aproveitamento de água pluvial para consumo não potável em postos de combustíveis. Canoas. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, ULBRA, 2007.

SINDUSCON-RS. Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.sinduscon-rs.com.br>. Acessado em 04 de dezembro de 2008.

TOMAZ, Plínio. Economia de água para empresas e residências. São Paulo: Navegar, 2001.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento da Água de Chuva. São Paulo: Navegar, 2003.

TSUTIYA, Nilton Tomoyuki. Abastecimento de água. 1ªed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Policlínica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2004.

UNIÁGUA. Universidade da água. Água no Planeta. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br>. Acessado em 10 de maio de 2008.

3P Technik do Brasil Ltda. Aproveitamento da água de chuva. [2006]. Disponível em: <http://www.bellacalha.com.br>. Acesso em: 28 de julho de 2008.

OBRAS CONSULTADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais, 13p. Rio de janeiro, dez. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalações prediais de águas fria, 36p. Rio de janeiro, nov. 1982.