



CAPACITAÇÃO EM REÚSO E SISTEMAS ALTERNATIVOS DE ÁGUA PARA A INDÚSTRIA



EKOTERRA
CIÊNCIA FORTE AMBIENTAL

DEZEMBRO de 2011



APRESENTAÇÃO

Dentro do plano de gestão de recursos hídricos, a capacitação de seus usuários quanto à complexidade da racionalização dos recursos é uma ferramenta fundamental para o sucesso do programa de gestão.

Atualmente, uma das maiores demandas de recursos hídricos é a área industrial, essa que nos últimos anos vem sendo submetida a dois grandes instrumentos de pressão, as imposições do mercado internacional pela melhoria de competitividade e as questões ambientais relacionadas à gestão de recursos hídricos

Diante da problemática envolvida, novas tecnologias e mecanismos alternativos que racionalizem ou reaproveitem esses recursos surgem com um grande impacto econômico e sócio ambiental. A prática de conservação e reuso de água consiste basicamente no gerenciamento das demandas e da racionalização dos volumes captados através da otimização do uso.

O curso de capacitação em reuso e sistemas alternativos de abastecimento de água para a indústria tem como objetivo proporcionar ao aluno um melhor conhecimento e compreensão da relação indústria – meio ambiente a fim de capacitá-lo ao entendimento da dinâmica e dos mecanismos de comprometimento do ambiente, viabilizando a contribuição na elaboração de políticas de controle ambiental.

Com isso o objetivo desse documento é apresentar ao aluno o conteúdo a ser explanado em sala de aula em seu contexto teórico / prático, possibilitando ao mesmo o acompanhamento em todos os módulos e seus respectivos tópicos.



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
MÓDULO 01	03
MÓDULO 02	24
MÓDULO 03	40
APRESENTAÇÕES	56

INTRODUÇÃO

A importância da água

Aproximadamente 97,5 % da água disponibilizada no mundo é salgada, restando, portanto apenas 2,5% de água doce, entretanto desses 2,5%, 68,9% se encontram nas calotas polares, 29,9% é água subterrânea e apenas 0,266% representa toda a água dos lagos, rios e reservatórios (SIMÃO, 2010).

Além disto, a má distribuição geográfica desse recurso pelas diferentes regiões do planeta faz com que exista escassez em vários países (Silveira, 2008). No Brasil, apesar da grande quantidade de água existente, a concentração de água doce disponível para o consumo pouco coincide com a concentração populacional, seguindo a má distribuição mencionada anteriormente. Nesse contexto, o uso racional desse recurso natural abrangendo aspectos quantitativos e qualitativos e a crescente busca por alternativas tecnológicas que minimizem o desperdício se torna indispensável.

Uso da água

O seu uso, já fora defendido como um dos direitos fundamentais do ser humano, tal qual como estipulado no Art. 30 da Declaração Universal dos Direitos Humanos. Como faz parte do patrimônio do nosso planeta, a água é um recurso natural de valor econômico, estratégico e social, essencial à vida do homem e à manutenção dos ecossistemas do planeta (Silveira, 2008).

A água é elemento essencial para quase todas as atividades humanas, seus usuários são os mais distintos, com aplicações diversas e com inúmeros fins. Neste sentido, a água pode servir para consumo ou como insumo em algum processo produtivo.

Em seu aspecto qualitativo e quantitativo, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados em diferentes proporções nos últimos anos, desencadeado pela

complexidade e irracionalidade dos inúmeros usos, os quais acarretaram uma significativa degradação ambiental, comprometendo o seu aproveitamento.

Alguns dos usos comprometedores desse recurso, por exemplo, é a indústria em geral, em que se utilizam tecnologias que demandam elevadas quantidades de água, e em consequência geram um quantitativo representativo de água residual que são devolvidas às corpos d'água nem sempre com tratamento adequado.

Outro uso representativo desse recurso são as atividades de agricultura, onde a demanda existente é essencial para o desenvolvimento da atividade, entretanto as tecnologias de irrigação atualmente empregadas nem sempre são as mais adequadas, levando em consideração o aspecto quantitativo. Quando analisado o lado qualitativo, a agricultura se apresenta também como um ponto negativo pela elevada carga de fertilizantes químicos e agrotóxicos que acabam por deteriorar e contaminar os cursos d'água.

Importância da conservação e reuso da água

O reuso da água é o processo pelo qual a água é reutilizada para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser indireta ou direta.

O uso racional da água protege o meio ambiente, economiza energia, reduz os investimentos, otimiza os processos industriais, ocasionando assim uma representativa economia para todos seus usuários, empresas e a sociedade de um modo geral (Silveira, 2008).

Com a restrição de reservas de água doce e o aumento da demanda de água para atender os diversos usos existentes (consumo humano, agrícola e industrial), torna-se necessário a adoção de medidas estratégicas que visem racionalizar a utilização desse recurso (FIESP/CIESP, 2011).

Uma das conseqüências dos aumentos nos custos relacionados ao fornecimento de água se deve pela má distribuição geográfica dos recursos hídricos pela concentração

populacional, tornando-a cada vez mais difícil, principalmente nas regiões metropolitanas (FIESP/CIESP, 2011).

MÓDULO 1

1. O USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

De acordo com Manual de Orientações para o Setor Industrial da FIESP/CIESP (2011), pode-se dizer que os principais usos da água na indústria são:

- **Consumo humano:** água utilizada em ambientes sanitários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança, entre outros.
- **Matéria Prima:** a água incorporada ao produto final, por exemplo, indústrias de cervejas e refrigerantes, de cosméticos, de fármacos, etc.
- **Uso como fluido auxiliar:** preparação de suspensões e soluções químicas, reagentes químicos, veículo, operações de lavagem, dentre outros.
- **Uso para geração de energia:** transformação da energia cinética, potencial ou térmica, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica.
- **Uso como fluido térmico:** a água utilizada para resfriamento em determinadas operações e sistemas industriais.
- **Outros Usos:** utilização de água para combate a incêndio, irrigação, incorporação em subprodutos, etc.

De forma generalizada, a água necessária as diversas atividades industriais varia de acordo com cada atividade e sua produtividade. Na tabela abaixo são apresentados alguns dados de distribuição do consumo de água na indústria por atividade, entretanto vale ressaltar que alguns dados provavelmente estejam desatualizados diante do constante avanço tecnológico existente nos processos industriais (FIESP/CIESP, 2011).

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 úmido	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 Álcalis	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

+ Valor inferior a 0,5% do volume total de água consumido

Fonte: VAN Der LEEDEN; TROISE and TODD, 1990

(Fonte: Manual de Conservação e Reuso de Água para a Indústria – Volume 1 – FIESP/CIESP, 2011)

Além das iniciativas para a racionalização do consumo de água industrial, o setor produtivo fica condicionado à análise das seguintes opções, que não são necessariamente excludentes (FIRJAN, 2006):

- I – Continuação do uso tradicional através de sistemas públicos de distribuição através de corpos d'águas superficiais e subterrâneos;
- II - Adquirir água de reuso ou água de utilidade, produzida por terceiros (companhias de saneamento);
- III - Reusar, de forma adequada, os seus próprios efluentes diante de tratamento prévio.

O reuso de água em sistemas industriais proporciona inúmeros benefícios ambientais, pois permite a disponibilidade de grandes quantidades para outros usos. Em certas condições, diminui a degradação qualitativa do corpo hídrico, uma vez que a descarga de efluentes é reduzida. Além disso, existem os inúmeros benefícios econômicos, uma vez que os custos referentes à cobrança não são acrescentados (FIRJAN, 2006).

2. INDICADORES DE USO DA ÁGUA

Um dos benefícios dos indicadores de consumo de recursos hídricos para a indústria é a possibilidade de se avaliar/medir/otimizar sua eficiência, possibilitando a melhoria dos processos que utilizadores desse recurso, minimizando os impactos gerados (FIESP/CIESP, 2011).

De acordo com a FIESP (2011) o quantitativo de água para suprir a demanda das diversas atividades industriais é diretamente relacionada com o ramo de atividade, capacidade produtiva, fatores climáticos da região, disponibilidade de água, metodologia e tecnologia de produção, idade das instalações, operacionalização, cultura local, inovação tecnológica, etc.

2.1. *Indicadores Ambientais*

As atividades industriais são responsáveis pela produção de bens e pela geração de empregos, como também estão relacionadas à utilização de recursos naturais e à geração de resíduos.

O grande desafio para essas indústrias consiste em conciliar a preservação ambiental com o aumento da demanda por água, energia elétrica e combustíveis. A capacidade de suporte dos ecossistemas é outro fator importante. Há limites para a pressão que o meio ambiente pode suportar e se estabilizar: a capacidade de regeneração dos ecossistemas é finita e limitada (FIRJAN, 2008).

Segundo o Manual de Indicadores Ambientais da FIRJAN, os indicadores são os elementos utilizados para avaliar o desempenho de políticas ou processos com o maior grau de objetividade possível. Aplicáveis às questões ambientais, há três tipos de indicadores: Condição, Pressão e Resposta. O conjunto dos indicadores ambientais pode fornecer uma síntese das condições ambientais, das pressões sobre o meio ambiente e das respostas encontradas pela sociedade para mitigá-las .

3. REQUISITOS DE QUALIDADE

De acordo com Manual de Orientações para o Setor Industrial da FIESP/CIESP (2011), pode-se dizer que os principais usos da água na indústria são:

- **Consumo humano:** água utilizada em ambientes sanitários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança, entre outros.
- **Matéria Prima:** a água incorporada ao produto final, por exemplo, indústrias de cervejas e refrigerantes, de cosméticos, de fármacos, etc.
- **Uso como fluido auxiliar:** preparação de suspensões e soluções químicas, reagentes químicos, veículo, operações de lavagem, dentre outros.
- **Uso para geração de energia:** transformação da energia cinética, potencial ou térmica, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica.
- **Uso como fluido térmico:** a água utilizada para resfriamento em determinadas operações e sistemas industriais.
- **Outros Usos:** utilização de água para combate a incêndio, irrigação, incorporação em subprodutos, etc.

De modo que sejam minimizados os riscos ao processo, produto ou sistema no qual esta água será utilizada, algumas aplicações demandam que um maior número de parâmetros seja atendido. Na tabela abaixo são apresentados alguns dados sobre requisitos da água para aplicações industriais.

Indústria e Processo	Parâmetros (mg/L, exceto quando especificado o valor)														
	Cor (UH)	Alcali- nidade (CaCO ₃)	Cloreto	Dureza (CaCO ₃)	Ferro	Manga- nês	Nitrato	pH (unida- des)	Sulfato	SDT	Sólidos Suspên- sos	Silica	Calcio	Magné- sio	Bicar- bonato
Textil															
Engomagem	5			25	0,3	0,05		6,5 - 10,0		100	5,0				
Lavagem	5			25	0,1	0,01		3,0 - 10,5		100	5,0				
Branqueamento	5			25	0,1	0,01		2,0 - 10,5		100	5,0				
Tingimento	5			25	0,1	0,01		3,5 - 10,0		100	5,0				
Papel e Celulose															
Processo Mecânico	30		1000		0,3	0,1		6 - 10							
Processo Químico															
Não Branqueado	30		200	100	1,0	0,5		6 - 10			10	50	20	12	
Branqueado	10		200	100	0,1	0,05		6 - 10			10	50	20	12	
Produtos Químicos															
Cloro e Alkali	10	80		140	0,1	0,1		6,0 - 8,5			10		40	8	100
Carvão de alcatrão	5	50	30	180	0,1	0,1		6,5 - 8,3	200	400	5		50	14	60
Compostos orgânicos	5	125	25	170	0,1	0,1		6,5 - 8,7	75	250	5		50	12	128
Compostos inorgânicos	5	70	30	250	0,1	0,1		6,5 - 7,5	90	425	5		60	25	210
Plásticos e resinas	2	1,0	0	0	0,005	0,005	0	7,5 - 8,5	0	1,0	2,0	0,02	0	0	0,1
Borracha sintética	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5 - 8,5	0	2,0	2,0	0,05	0	0	0,5
Produtos Farmacêuticos	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5 - 8,5	0	2,0	2,0	0,02	0	0	0,5
Sabão e detergentes	5	50	40	130	0,1	0,1			150	300	10,0		30	12	60
Tintas	5	100	30	150	0,1	0,1		6,5	125	270	10		37	15	125
Madeira e resinas	200	200	500	900	0,3	0,2	5	6,5 - 8,0	100	1000	30	50	100	50	250
Fertilizantes	10	175	50	250	0,2	0,2	5	6,5 - 8,5	150	300	10	25	40	20	210
Explosivos	8	100	30	150	0,1	0,1	2	6,8	150	200	5	20	20	10	120
Petróleo			300	350	1,0			6,0 - 9,0		1000	10		75	30	
Ferro e Aço															
Laminação a quente								5 - 9							
Laminação a frio								5 - 9			10				
Diversas															
Frutas e vegetais enlatados	5	250	250	250	0,2	0,2	10	6,5 - 8,5	250	500	10	50	100		
Refrigerantes	10	85			0,3	0,05									
Curtimento de couro	5		250	150	50			6,0 - 8,0					60		
Cimento		400	250		25	0,5	0	6,5 - 8,5	250	600	500	35			

UH - Unidade Hazen (mg Pt - Co/l)

Fonte: NEMEROW and DASGUPTA, 1991

(Fonte: Manual de Conservação e Reuso de Água para a Indústria – Volume 1 – FIESP/CIESP, 2011)

3.1. *Padrões de qualidade da água*

Os padrões de qualidade variam conforme seu uso, e são determinados por entidades públicas, com o objetivo de garantir que a mesma não contenha impurezas que venham a prejudicá-lo. Assim, os padrões de água destinada ao abastecimento público são diferentes dos de água para fins de recreação, os quais, por sua vez, são distintos aos instituídos para irrigação ou e por fim para o uso industrial. Mesmo entre as indústrias, existem requisitos variáveis de qualidade, dependendo do tipo de processamento e dos produtos das mesmas.

O controle da poluição de origem industrial no país, tem sido feito através da limitação da concentração (mg/l) de determinado poluente presente no efluente. Os padrões são fixados de forma uniforme por poluente para todo o país. Atualmente a legislação pertinente sobre o assunto a nível federal é baseada na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de número 430, de 13 de maio 2011, que: “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.”. Em nível estadual, algumas legislações vêm sendo criadas e são mais restritivas.

3.2. *Parâmetros e indicadores de qualidade de água*

A poluição das águas tem diversas fontes como origem, dentre elas se destacam os efluentes domésticos, efluentes industriais e as cargas difusas, urbana e agrícola. Cada uma dessas fontes possui características e concentrações de poluentes próprias, estando associadas ao tipo de uso e ocupação do solo. Por exemplo, os esgotos domésticos apresentam elevada carga orgânica composta por altíssimas concentrações de N e P, além de uma diversidade de microorganismos, já linha industrial contribui desde cargas orgânicas pesadíssimas (alimentícia) como também efluentes com grandes concentrações de metais (siderurgia, mineração).

Dentre os parâmetros de qualidade de água mais representativos, podemos citar:

- ✓ **Parâmetros Físicos:** absorvância no ultravioleta, coloração da água, série de resíduos (filtrável, não filtrável, fixo e volátil), temperatura da água e do ar e turbidez.
- ✓ **Parâmetros Químicos:** alumínio, bário, cádmio, carbono orgânico dissolvido, chumbo, cloreto, cobre, condutividade específica, cromo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO5,20), demanda química de oxigênio (DQO), fenóis, ferro total, fluoreto, fósforo total, manganês, mercúrio, níquel, óleos e graxas, ortofosfato solúvel, oxigênio dissolvido, pH, potássio, potencial de formação de trihalometanos, série de nitrogênio (Kjeldahl, amoniacal, nitrato e nitrito), sódio, surfactantes e zinco.
- ✓ **Parâmetros Microbiológicos:** *Clostridium perfringens*, coliformes termotolerantes, *Cryptosporidium* sp, estreptococos fecais e *Giardia* sp.
- ✓ **Parâmetros Hidrobiológicos:** clorofila *a* e feofitina *a*.
- ✓ **Parâmetros Ecotoxicológicos:** sistema Microtox, teste de Ames para a avaliação de mutagenicidade e teste de toxicidade crônica a *Ceriodaphnia dubia*.

No entanto, outros parâmetros podem vir a ser determinados, dependendo da necessidade de estudos específicos de qualidade de água. Esses parâmetros são essenciais para o contínuo monitoramento quali-quantitativo do efluente, assim como do corpo receptor em questão.

4. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DO TRATAMENTO DE ÁGUA E DE EFLUENTES

De acordo com Las Casas (2004), o tratamento de efluentes industriais vem sendo um importante tema das questões ambientais, tanto na área de legislação e prevenção da poluição quanto na área de pesquisa e de aplicações tecnológicas. Uma das principais preocupações para a adequação à legislação dos sistemas de tratamento dos diversos

setores industriais, incluindo os que possuem efluentes com poluentes tóxicos, é o tratamento biológico de efluentes líquidos.

Logo, os efluentes são um problema particular, pois a natureza não os absorve facilmente e a contaminação por compostos orgânicos dissolvidos em água e em ecossistemas aquáticos ou terrestres acabam por assumir grande importância. Desse modo, a preocupação com estes elementos aumentam e as pesquisas no tratamento de efluentes são cada vez mais incentivadas.

Os efluentes industriais, se despejados em corpos de água, podem causar sérios danos ambientais. Com a crescente escassez de água potável, algumas indústrias tratam seus efluentes para serem reutilizados, conseguindo grandes ganhos econômicos, pois seu preço em certos casos chega a 5% do valor da água “normal”, além da importância na preservação dos recursos naturais (Las Casas, 2004).

Muitas indústrias possuem os meios para o tratamento de efluentes a fim de minimizar o seu impacto no meio ambiente. Outras, por falta de recursos ou por simples negligência, servem-se dos rios, lagos e oceanos como destinos finais desses produtos, cuja acumulação no meio ambiente trará problemas não só a curto como em longo prazo.

Os danos causados à saúde pública relacionados com os tratamentos inadequados dos efluentes têm provocado o surgimento de leis de proteção ambiental cada vez mais rígidas, conseqüentemente a procura por técnicas de tratamento de efluentes mais eficientes e de custos aceitáveis são cada vez maiores.

Segundo Las Casas (2004), durante seu tratamento, o efluente passa por diversos processos antes de estar pronto para ser liberado para o ambiente. A metodologia de adsorção em carvão ativado granulado (CAG) ou carvão ativado pulverizado (CAP) encontra-se em uso crescente como um processo eficiente, principalmente na remoção de compostos orgânicos, cor, odor e sabor.

Giordano (2004) menciona que os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão, em gases inertes e ou sólidos sedimentáveis que posteriormente são separados através das fases sólida/líquida. Sendo assim, não havendo a formação de gases inertes ou lodo estável, não podemos considerar como um processo de tratamento. Os esgotos sanitários gerados na própria indústria devem sempre ser tratados, evitando-se assim a sobrecarga no sistema público. Assim cada indústria deve controlar totalmente a sua carga poluidora.

De acordo com Las Casas (2004), o Brasil tem uma das mais restritivas legislações de tratamento ambiental do mundo inteiro. Em consequência, as estações tanto de água potável, quanto as de efluente, tem um rigoroso sistema de controle para liberação de seus produtos finais, aqueles despejados nos corpos d'água. Os limites e padrões estabelecidos devem ser acompanhados e constantemente medidos para que as indústrias possam fazer a emissão, sem que haja alguma repressão pelos órgãos públicos.

A figura abaixo esquematiza, de uma maneira genérica, os principais métodos de tratamento de efluentes industriais.



Fonte: Freire *et al.*, 2000.

5. FERRAMENTAS DE GESTÃO E PROGRAMAS DE USO RACIONAL

5.1. Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997

“Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989”.

De acordo com Henkes (2003), a normatização e a institucionalização dos recursos hídricos brasileiros evoluíram de acordo com as necessidades, interesses e objetivos de cada época.

A partir do século XX, com o intenso desenvolvimento econômico, a água passou a ser utilizada de forma mais agressiva e diversificada. Assim sendo, a legislação brasileira, em especial, o Código de Águas, passou a tutelar os recursos hídricos visando assegurar a produção energética e os direitos de navegação e pesca, tendo em vista a relevância econômica destas atividades para o país. Tais fatos podem ser corroborados verificando-se o elevado número de usinas e centrais hidrelétricas criadas no país neste período e também pelo fato de que as disposições do Código de Águas referentes à preservação, conservação e recuperação dos recursos hídricos não foram regulamentadas, ao contrário das disposições referentes à produção energética.

O crescimento populacional, a urbanização, a industrialização, a ineficácia na aplicação da maioria das legislações hídricas e também a ausência de um planejamento visando à correta utilização dos recursos hídricos, proporcionaram profundas alterações no cenário hídrico brasileiro, principalmente nos últimos 60 anos. Para reverter o quadro de degradação destes recursos, fez-se necessária a reformulação institucional e legal dos recursos hídricos brasileiros, culminando no ano de 1997 na edição da Lei Federal nº 9.433.

Esta Lei não deve apenas ser interpretada como disciplinadora do uso e gestão dos recursos hídricos, mas sim um instrumento inovador destinado e apto a promover a sustentabilidade hídrica.

5.2. Política Nacional de Recursos Hídricos

Em 1997 a [Lei](#) federal n.º 9.433, do dia 08 de janeiro, instituiu a [Política Nacional de Recursos Hídricos](#) e criou o *Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos* com o intuito de assegurar à atual e às futuras gerações água em qualidade e disponibilidade suficientes através da utilização racional e integrada, da prevenção e da defesa dos recursos hídricos contra eventos hidrológicos críticos.

5.2.1. Fundamentos

- ✓ A água é um bem de domínio público;
- ✓ A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- ✓ Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- ✓ A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- ✓ A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- ✓ A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

5.2.2. Objetivos

- ✓ Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- ✓ A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- ✓ A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

5.2.3. Diretrizes gerais

- ✓ A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;

- ✓ A adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- ✓ A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- ✓ A articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- ✓ A articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- ✓ A integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) traz alguns instrumentos a serem aplicados para a obtenção de seus objetivos. São eles:

Plano de recursos hídricos: são [planos](#) diretores, também chamados de “Plano de Bacia”, que tratam do gerenciamento dos recursos hídricos. Cada bacia hidrográfica deve ter seu plano diretor, elaborado pela Agência de Águas e aprovado pelos Comitês de Bacia, que será integrado ao plano diretor de recursos hídricos do Estado e, em seguida, ao plano nacional. Neste plano estarão estipulados os dados a respeito da qualidade da água, usos prioritários, disponibilidade e demanda, metas de racionalização, diretrizes para cobrança pelo uso dos recursos hídricos, propostas para áreas de restrição de uso, etc.

Enquadramento dos corpos d’água: cada corpo d’água recebe uma classificação de acordo com a Resolução CONAMA 430/11 que estipula os critérios para classificação dos corpos d’água em doces, salgadas, salobras e salinas. Esta classificação é dada de acordo com as características do corpo hídrico e seus usos preponderantes. Alguns estados possuem total ou em parte (bacias hidrográficas) o enquadramento dos corpos d’água já definidos.

Outorga: a outorga é uma concessão para uso da água dada pelo poder público ao outorgado de acordo com o estabelecido nos Planos de Bacias. É também uma forma de controlar a quantidade e qualidade da água que está sendo utilizada e por quem.

Os critérios gerais para a outorga foram estabelecidos pela Resolução n.º 7 de 21/07/00 pelo CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos).

Cobrança pelo uso da água: a cobrança pelo uso da água é algo que existe desde 1934 quando foi aprovado o “Código de Águas” (Decreto Lei n.º 24.643), assim como a redistribuição dos custos pelas obras de interesse geral, além de inserir o hoje chamado “princípio do poluidor-pagador” para a questão da utilização dos recursos hídricos e a ilicitude da contaminação das águas com prejuízo de terceiros. A cobrança pelo uso da água da qual trata a PNRH visa incentivar a racionalização deste recurso pelos seus usuários e dar-lhes a dimensão real do valor do bem que está sendo consumido. Alguns, inclusive, vêem esta cobrança como uma forma de internalização dos custos ambientais que qualquer consumo de recursos naturais acarreta.

Sistema de informações: o Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos (SNIRH) tem o propósito de fornecer subsídios para a formulação dos Planos de Recursos Hídricos, além de reunir, divulgar e atualizar permanentemente dados sobre qualidade, quantidade, disponibilidade e demanda pelos recursos hídricos do país.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é constituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), órgão superior deliberativo e normativo; a Agência Nacional de Águas (ANA), uma autarquia sob regime especial vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e com autonomia administrativa e financeira para garantir a implementação da PNRH; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica, órgão colegiado formado por representantes da sociedade civil organizada e do governo, onde são tomadas as decisões referentes à bacia hidrográfica onde atua; os órgãos dos poderes públicos federal, estadual, do Distrito Federal e municipal cujas [competências](#) se relacionam com a [gestão dos recursos hídricos](#); e as Agências de Águas que, após a formação do Comitê de Bacia pode ser criada para atuar como secretaria executiva de um ou mais Comitê de Bacia.

5.3. Programas de Uso Racional da Água

5.3.1. Programa de Uso Racional de Água – PURA/SABESP

Nas últimas décadas, *bloom* populacional dos grandes centros urbanos vem contribuindo para a poluição dos recursos hídricos, o que implica na diminuição da disponibilidade de água com qualidade para os diversos tipos de usos.

Com essa escassez, surge a necessidade de ações mitigadoras. Um delas é a implantação de programas de racionalização de água visando garantir o atendimento das diferentes demandas, tanto quantitativo como também qualitativo.

A Região Metropolitana de São Paulo, quarta maior concentração urbana do mundo, localiza-se na Bacia do Alto Tietê e tem uma disponibilidade hídrica de 200 m³/habitante/ano, o que representa 1/10 do valor indicado pela Organização das Nações Unidas.

Veja na tabela abaixo, a disponibilidade hídrica por região:

Classificação da ONU	Disponibilidade Hídrica (m ³ /habitante/ano)	Região
Abundante	Maior que 20.000	Brasil (35.000)
Correta	Entre 2.500 e 20.000	Paraná (12.600)
Pobre	Entre 1.500 e 2.500	Estado de São Paulo (2.209)
Crítica	Menor que 1.500	Estado de Pernambuco (1.270) Bacia do Piracicaba (408) Bacia do Alto Tietê (200)

Fonte: www.sabesp.com.br

Preocupada com este panorama, a Sabesp adotou uma política de incentivo a racionalização do uso da água que envolve ações tecnológicas e mudanças culturais, visando a conscientização da população quanto ao desperdício de água. Sendo assim, em 1996, foi criado o Programa de Uso Racional da Água - PURA, um programa de combate ao desperdício.

O programa tem como foco principal as bacias hidrográficas com condições críticas de disponibilidade hídrica.

5.3.2. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA é coordenado pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República e tem por objetivo geral promover uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Como objetivos específicos, busca definir / implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, para uma efetiva economia das demandas existentes em áreas urbanas.

5.3.3. Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – PROÁGUA

O Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - PROÁGUA é um programa do Governo Brasileiro e possui ênfase no fortalecimento institucional de todos os atores envolvidos com a gestão dos recursos hídricos no Brasil e na implantação de infra-estruturas hídricas viáveis nos quesitos técnico, financeiro, econômico, ambiental e social, promovendo assim a racionalização dos recursos hídricos.

O objetivo do programa é contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população, especialmente nas regiões carentes de desenvolvimento, mediante planejamento e gestão dos recursos hídricos simultaneamente com a expansão e melhoria da infra-estrutura hídrica, garantindo quantidade e qualidade de água aos usos múltiplos.

O PROÁGUA inclui todos os estados inseridos na região do semi-árido brasileiro para as ações diretas de consolidação da infra-estrutura hídrica; e todo o território nacional para as ações de gestão de recursos hídricos.

5.3.4. Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS

O COM+ÁGUA é um dos principais projetos do Programa de Modernização do Setor Saneamento - PMSS e tem por objetivos o combate às perdas de água e o uso eficiente de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água com uma gestão integrada e participativa.

De caráter demonstrativo no combate às perdas de água e energia, o COM+ÁGUA parte de bases metodológicas como as ferramentas de Diagnóstico Situacional do Sistema de Abastecimento de Água e de Mobilização Social, para chegar a experiências de implantação de comitê gestor inter-setorial com objetivo de gerenciar o projeto a partir do balanço hídrico e ações de mobilização social no âmbito de cada uma das empresas/autarquias parceiras.

O apoio institucional aos prestadores de serviço de abastecimento de água selecionados está estruturado num diagnóstico detalhado da gestão do sistema, atividades de capacitação, assistência técnica e consultoria que acontecem ao longo do período do projeto e ainda no fornecimento de equipamentos necessários à sua implementação.

Estas atividades são implementadas e articuladas por meio do desenvolvimento de diversos subprojetos que compõem o COM+ÁGUA:

- ✓ Macromedição e automação;
- ✓ Sistema cadastral técnico e modelagem hidráulica;
- ✓ Controle e redução de perdas reais;
- ✓ Gestão do uso da energia elétrica;
- ✓ Controle e redução de perdas aparentes;
- ✓ Planejamento e controle operacional;
- ✓ Instâncias participativas;
- ✓ Educação e cultura;
- ✓ Comunicação.

5.3.5. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB

O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) tem por objetivo apoiar o desenvolvimento de pesquisas e o aperfeiçoamento de tecnologias nas áreas de águas de abastecimento, águas residuárias e resíduos sólidos que sejam de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção e que resultem na melhoria das condições de vida da população brasileira, especialmente as menos favorecidas.

São objetivos específicos do Programa, pesquisas que:

- ✓ Tenham como base a revisão do padrão tecnológico atual, de forma a permitir a ampliação da cobertura dos serviços, estabelecendo normas e padrões adequados que reconheçam as particularidades regionais e locais e os diferentes níveis de atendimento à população, preservando ou recuperando o meio ambiente;
- ✓ Busquem a difusão e a transferência de tecnologias para o domínio público;
- ✓ Estimulem processos participativos, através da formação de redes cooperativas de pesquisas em torno de temas previamente selecionados.

Linhas de Atuação:

- ✓ Águas de Abastecimento;
- ✓ Águas Residuárias;
- ✓ Resíduos Sólidos.

6. APLICAÇÕES

Silveira (2008) em seu trabalho sugere algumas aplicações para reuso da água ou da água reciclada. Entre outros possíveis, incluem os industriais, irrigação de lavouras, a irrigação de parques e jardins, campos de futebol, sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes, chafarizes, espelhos e quedas d'água, reserva de proteção contra incêndios, lavagem de trens e ônibus públicos, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades.

Essa mesma autora expõe que reusar a água ou usar a água reciclada traz benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas disponíveis. O uso eficiente da água representa uma efetiva economia para consumidores, empresas e a sociedade de um modo geral, protegendo o meio ambiente, economizando energia, reduzindo os investimentos em infra-estrutura, além de ocasionar melhoria dos processos industriais.

No entanto, alguns fatores devem ser considerados em um programa de reuso da água:

- ✓ Identificação de oportunidades em reusar a água;
- ✓ Determinação da qualidade mínima da água necessária para o uso em questão;
- ✓ Avaliação da degradação da qualidade de água resultante do uso prévio;
- ✓ Identificação das fontes de água que atendem às exigências de qualidade da água;

1. CONCEITOS E FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO

É crescente a preocupação com a preservação de recursos hídricos e energéticos, especialmente sua disponibilidade para as gerações futuras. Questões como acesso a energia e serviços de abastecimento de água fazem parte das necessidades básicas da população. Ao mesmo tempo aumentam as evidências dos impactos provenientes do uso contínuo desses recursos sem uma gestão adequada que busque garantir aspectos de sustentabilidade e qualidade da água e da energia fornecida (PROSAB, 2009).

Tem-se observado um aumento significativo no consumo de água proveniente de sistemas alternativos de abastecimento ao longo dos anos, dentre eles poços rasos e profundos. No entanto, poucos dados foram originados sobre as condições sanitárias e os tipos de usos desses sistemas alternativos de abastecimento, embora esse tipo de abastecimento tenha sido normatizado pela Portaria MS nº 518/04 (Lopes *et al.*, 2008).

Quando uma indústria opta pelo abastecimento alternativo de água, a mesma deve considerar certos custos como: custo de captação, adução e distribuição, custo de operação e manutenção, custo da garantia da qualidade e de eventuais discontinuidades do abastecimento, entre outros (FIESP/CIESP).

O uso descuidado de fontes alternativas de água usada em indústrias ou a sua falta de gestão podem colocar em risco as atividades nas quais essa água é utilizada, além do risco para o consumidor. Logo, é recomendado observar atentamente aos padrões de qualidade exigidos, além da necessidade de uma gestão de qualidade desse insumo (FIESP/CIESP).

O Manual de Conservação e Reuso da Água para a Indústria do FIESP, lista algumas fontes de abastecimento de água que podem ser usadas pelas indústrias. Dentre elas estão:

- ✓ Através da rede pública;
- ✓ Fornecida por terceiros (por exemplo, caminhões pipas);
- ✓ Captação direta de mananciais;
- ✓ Águas subterrâneas;
- ✓ Águas pluviais;
- ✓ Efluentes tratados.

2. ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS

A criação de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para qualquer intuito tem como principal finalidade garantir uma boa relação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

No Brasil, a partir dos anos 70, a ocorrência de sérios conflitos de uso da água começou a suscitar discussões sobre como minimizar esse problema. Senso assim, um primeiro experimento significativo foi a assinatura, em 1976, do Acordo Ministério das Minas e Energia e Governo do Estado de São Paulo, que criou o Comitê do Alto Tietê, cujo objetivo era o de buscar conseguir melhores condições sanitárias nas bacias dos rios Tietê e Cubatão, no Estado de São Paulo. A partir de 1983, esse Comitê diminuiu seu ritmo de atuação coincidindo com o período de democratização do País (Tucci, 2001).

Segundo Tucci (2001), em 1978, com o objetivo de favorecer a utilização integrada e racional dos recursos hídricos das bacias de rios federais, os Ministérios de Minas e Energia e do Interior promoveram a criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas – CEEIBH, criando assim mais de 10 comitês de rios federais. Atualmente o único comitê ainda em funcionamento, é o comitê do Rio São Francisco – CEEIVASF.

Com a nova Constituição de 1988, que deu maiores poderes para Estados e Municípios, hoje, no País, assiste-se a uma nova fase no processo de gestão dos recursos hídricos (Tucci, 2001). Essa Constituição estabelece que a água seja um bem federal (lagos, rios e quaisquer correntes em terrenos de seu domínio ou que banhem mais de um Estado da federação, sirvam de limite com outros Países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, assim como os terrenos marginais e as praias fluviais) ou estadual (se contidos totalmente em um único estado da federação), ressaltando que o seu aproveitamento econômico e social deve buscar a redução de desigualdades (FIESP/CIESP).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 1997) foi elaborada com base na Constituição de 1988, e define a água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico (FIRJAN, 2006).

De acordo com o Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria da FIRJAN (2006), no Brasil, a norma técnica NBR-13.696 foi a primeira regulamentação que tratou sobre o reuso de água no Brasil. Nessa norma, é abordada a destinação de efluentes de origem essencialmente doméstica ou com características similares.

Esse mesmo Manual menciona que conforme o interesse pelo tema foi aumentando, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos publicou uma Resolução em 2005 (nº54) que estabelece os critérios gerais para a prática de reuso direto de água não potável. Cinco modalidades de reuso da água são tratadas nessa Resolução: reuso para fins agrícolas e florestais, urbanos, ambientais, industriais e na aquicultura.

2.1. Resolução CNRH nº 17/01 – Planos de Recursos Hídricos

“Art. 2º Os Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas serão elaborados pelas competentes Agências de Água, supervisionados e aprovados pelos respectivos Comitês de Bacia.”

“Parágrafo único. Os Planos de Recursos Hídricos deverão levar em consideração os planos, programas, projetos e demais estudos relacionados a recursos hídricos existentes na área de abrangência das respectivas bacias.”

2.2. Resolução CNRH nº 16/01 – Outorga dos direitos de uso de RH

“Art. 1º A outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado previamente ou mediante o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes.”

2.3. Resolução CNRH nº 12/00 – Enquadramento dos Corpos d’água

“Art. 1º Para efeito desta resolução são adotadas as seguintes definições:

I - enquadramento de corpos de água: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um dado segmento do corpo de água ao longo do tempo;”

2.4. Resolução CNRH nº 13/00 – Sistemas de Informação de Recursos Hídricos

“A ANA articular-se-á com órgãos e entidades estaduais, distritais e municipais, públicas e privadas, visando a implantação e funcionamento do SNIRH.”

2.5. Resolução CNRH nº 48/05 – Cobrança pelo uso da água

“Art. 1º Estabelecer critérios gerais para a cobrança pelo uso de recursos hídricos nas bacias hidrográficas.”

“Parágrafo único. Os critérios gerais estabelecidos nesta Resolução deverão ser observados pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos competentes

Comitês de Bacia Hidrográfica na elaboração dos respectivos atos normativos que disciplinem a cobrança pelo uso de recursos hídricos.”

3. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

O Manual de Conservação e Reuso da Água na Indústria da FIRJAN (2006), considera as águas pluviais como fontes alternativas importantes, devido às grandes áreas de telhados e pátios disponíveis na grande parte das indústrias. Além disso, apresentam qualidade superior aos efluentes considerados para reuso, os sistemas utilizados para sua coleta e armazenamento não apresentam custos elevados e podem ser reduzidos em períodos relativamente curtos. Sugere ainda que esta fonte deva ser utilizada, como complementar as fontes convencionais, principalmente durante o período de chuvas intensas. No entanto, para um bom aproveitamento dessa água é necessário um projeto específico para o dimensionamento dos reservatórios, assim como dos demais componentes do sistema de aproveitamento de água, levando em consideração a demanda a ser atendida por essa fonte e as características pluviométricas do local.

O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB/Edital 05) não indica o consumo direto em usos não potáveis da água de chuva, no entanto esse uso não tem restrição para a água de serviço e descarga de vasos sanitários, por exemplo. De forma menos frequente encontram-se indicações para uso na lavagem de roupa. Quando usado para fins menos nobres, essa água não necessita de tratamentos tão avançados. Já nas indústrias, que pagam bem pela água, um sistema de captação se torna viável e até econômico a médio e longo prazo, no entanto, necessita-se de análises para determinar seu uso e tratamento com o objetivo de atender à qualidade requerida.

Segundo um trabalho publicado por Valle *et al.* em 2007, a água de chuva apresenta baixa concentração de sais de magnésio e cálcio, sendo ótima para ser usada em

processos industriais, como geração de vapor e líquido refrigerante na absorção de calor de um corpo quente.

Esses mesmos autores concluíram em seu trabalho que a água da chuva "*in natura*" não atende a todos os parâmetros para os diferentes processos industriais, no entanto, devido às baixas concentrações encontradas através dos resultados analíticos realizados, essa água pode ser considerada como um referencial, se comparado com águas de outras fontes, pois é muito mais dispendioso remover determinados constituintes do que adicioná-los, e esta adição vai depender da água exigida para cada processo industrial. Além disso, para os ramos da indústria que necessitam de água desmineralizada, o aproveitamento da água de chuva pode ser uma solução econômica, já que ela possui baixos teores de sólidos dissolvidos e em suspensão.

Atualmente, 10% do consumo de água resultante das atividades industriais no Brasil são extraídos diretamente de corpos d'água. No entanto, com as novas políticas e cobrança pelo uso da água da Agência Nacional de Águas, as indústrias serão penalizadas em termos de captação de água e em relação ao lançamento de efluentes.

Logo, o reuso e a reciclagem na indústria passam a ser considerados como ferramentas de gestão fundamentais para a sustentabilidade da produção industrial.

A seguir são listadas algumas outras aplicações para a água da chuva reciclada:

- ✓ Irrigação paisagística;
- ✓ Irrigação de campos para cultivo;
- ✓ Recarga de aquíferos;
- ✓ Finalidades ambientais.

O armazenamento e o reaproveitamento da água de chuva costumavam ser temas relativamente "esquecido" pelos nossos legisladores, mas nos últimos anos, sugeriram em algumas cidades brasileiras leis para tratar do assunto. Abaixo temos alguns exemplos:

1. A prefeitura da cidade de Curitiba instituiu em 2003 o Programa de uso Racional de Água e Esgotos ([Lei PURAE 10.785/03](#)). Em 2006, houve a regulamentação da lei através do [Decreto Municipal 293/06](#) onde ficou estipulado, entre outras coisas, que as novas edificações na cidade não obterão o alvará de construção, caso não prevejam e instalem um sistema de reaproveitamento de água de chuva.

“Art.1º. O programa de conservação e uso racional da água nas edificações – PURAE, tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água das novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.”

2. Com o objetivo de minimizar as enchentes, desde 1999 na Cidade de São Paulo é *“obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m²”*, a retenção da água da chuva em reservatórios específicos pelo período de uma hora e a sua posterior liberação nas galerias públicas, após o pico de chuva - [Lei nº 13.276/02](#).

3. Em outra cidade de São Paulo, Matão, o [Projeto de Lei 042/06](#), é destinado exclusivamente ao reuso de água de chuva. Mais ainda, prevê expressamente a possibilidade do município conferir incentivos fiscais àqueles que construírem em seus imóveis sistemas de captação de água da chuva.

“Art. 1º - Fica criado no Município de Matão, o sistema de reuso de água de chuva, objetivando a instalação de reservatórios para captação e utilização de águas pluviais para uso não potável em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, industriais e comerciais, como forma de:

- a) *Reduzir o consumo de água da rede pública e o alto custo de fornecimento da mesma;*
- b) *Evitar a utilização de água potável onde esta não é necessária;*
- c) *Despertar o sentido ecológico e financeiro com a finalidade de não desperdiçar o mais importante recurso natural do planeta;*
- d) *Ajudar a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios;*
- e) *Encorajar a conservação de água, a auto-suficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais do Município.”*

As instalações pluviais tem como principal função recolher e conduzir para um local determinado as águas provenientes da chuva que atingem a edificação, garantindo, desta forma, que não haja excessiva umidade no edifício.

O destino das águas pluviais pode ser:

- Disposição no terreno, com o cuidado para não haver erosão, usando para isso leito de pedras no local de impacto;
- Disposição na sarjeta da rua ou por tubulação enterrada sob o passeio, pelo sistema público, as águas pluviais chegam até um córrego ou rio;
- Cisterna (reservatório inferior) de acumulação de água, para uso posterior.

A NBR 10844/89 e os elementos hidrológicos.

A NBR 10884/89 fornece os critérios para dimensionar calhas e condutores (verticais e horizontais) além de estabelecer que cada obra, em face de seu vulto ou responsabilidade, deve Ter seu tempo de retorno (grau de segurança- corresponde a freqüência de chuvas com determinada intensidade) adotado, sendo:

T= 1 ano; para obras externas onde um eventual alargamento pode ser tolerado.

T= 5 anos; para coberturas e telhados.

T= 25 anos; onde um empoçamento seja inaceitável.

Outro ponto importante a ser utilizado no projeto é a intensidade pluviométrica, a qual é fornecida pela norma, em função do tempo de retorno, e do local. Para obras de vulto corrente e de área de telhado de até 100 m² pode-se adotar a medida de chuva padrão de 150mm/h de intensidade e duração de 5 minutos.

Conhecendo-se a intensidade pluviométricas e sabendo que a chuva corresponde a uma vazão unitária sobre a cobertura, pode-se estimar a vazão a ser coletada pelas calhas através da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{i \times A}{60}$$

60

onde:

i= intensidade pluviométrica em mm/h;

A= área de contribuição em m²;

Q= vazão em l/s;

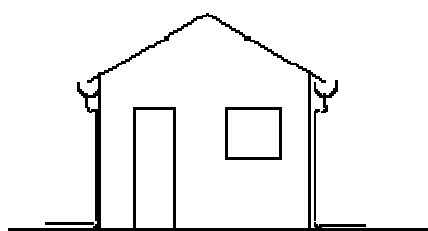
Pra i= 150mm/h, tem-se Q= 0,042 i/s/m²

Para locais onde os índices pluviométricos são extraordinariamente elevados para chuvas de curta duração, tem-se adotado 170mm/h, e onde a segurança é necessária, adota-se 216mm/h.

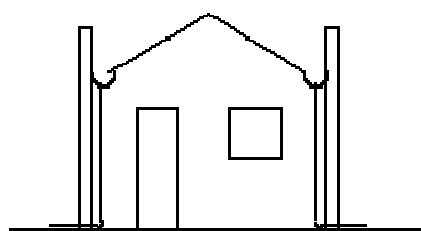
Considerando que as chuvas não caem horizontalmente, a norma fornece critérios para determinar a área de contribuição em função da arquitetura dos telhados.

Calhas

O tipo e a capacidade da calha a ser utilizada serão decididos a partir da definição da vazão do projeto. Destacam-se, dois tipos de calha:



CALHA DE BEIRAL



CALHA DE PLATIBANDA

Uma das características que influencia na capacidade de uma calha é a sua forma, que normalmente é retangular ou semicircular. Em função da forma da calha a norma fornece sua capacidade hidráulica.

Diâmetro interno D(mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	339	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Nota-se que a declividade deve ser de no mínimo 0,5%, para que a água escoe com maior rapidez para o ponto de coleta.

Outro fator que interfere em sua capacidade de escoamento é a existência de curvas na calha, o que normalmente ocorre quando esta serve 2 ou mais águas do telhado. Diante disto, toda calha curva terá um fator de decréscimo de sua capacidade se comparada com uma calha reta. Assim, para calcular o dimensionamento da calha, optou-se, na NBR 10844/89, multiplicar a vazão do projeto por um fator maior que 1, conforme a tabela seguinte:

Coefficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tipo de curva	Curva a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 e 4 m da saída da calha
Canto reto	1,20	1,10
Canto arredondado	1,10	1,05

Condutores

Existem 2 tipos principais de condutores:

- condutores horizontais
- condutores verticais

Condutores horizontais são condutores de terraço, áreas abertas, pátios, etc. que possuem uma declividade muito pequena.

A NBR 10844/89, no caso de condutores horizontais, já fornece a capacidade em função da declividade, diâmetro e rugosidade, admitindo-se que o escoamento seja a 2/3 de altura.

Capacidade de condutores horizontais de seção circular para vazões em l/min

Diâmetro Interno D (mm)	(n=0,011)				(n=0,012)				(n=0,013)			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.580	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Para o dimensionamento de condutores verticais, a NBR 10844/89 apresenta ábacos específicos, os quais necessitam dos seguintes dados:

Q- vazão trazida pelas calhas que alimentarão o condutor.

L- Altura do condutor (soma dos pés- direto da edificação);

H- altura de água na calha (no topo do condutor).

Existem 2 tipos de entrada de água no condutor vertical, com aresta viva e com funil, tendo cada tipo um ábaco específico.

Para tal condutor a NBR 10844/89 determina que o diâmetro mínimo seja 70mm.

Condutores verticais

Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Área do telhado (m ²)	
		chuva 150 mm/h	Chuva 120 mm/h
50	0,57	14	17
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7,00	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Torna-se importante citar ainda que nos condutores verticais ocorrem fenômenos transitórios de carga e subpressão. Por esta razão, recomenda-se utilizar em edifícios altos tubos de maior espessura, pelo menos no telhado inicial, junto à conexão com a calha.

Nota: é muito comum e recomendável que, no encontro de duas calhas de alta capacidade hidráulica a transição destas para o condutor vertical se faça através de uma caixa receptora (funil), que propicia condições de acomodação e direcionamento do fluxo. Em velhos e belos prédios, os arquitetos transformavam essa peça num detalhe de alto valor estético.

Águas pluviais em marquises e terraços

Para escoar águas pluviais em terraços, algumas estruturas de cobertura e marquises utilizam-se de:

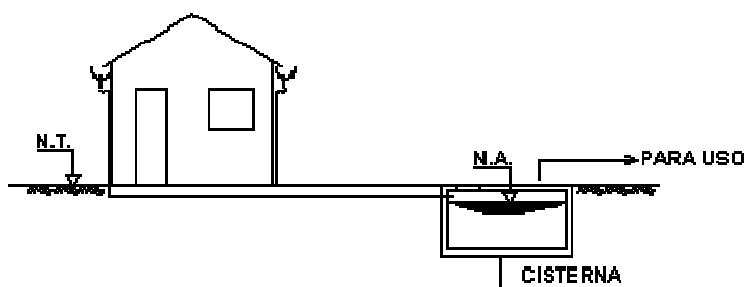
- Ralos- recolhendo a água que cai sobre a cobertura
- Buzinotes- que são tubos de pequeno diâmetro e extensão, que esgotam as águas que neles chegam. Normalmente, em marquises, utiliza-se buzinotes com diâmetro mínimo de 50 mm, pra evitar o entupimento, devendo ter um a cada 13,5m² sendo um mínimo de dois por marquise. Para maior segurança deve-se ainda impermeabilizar a sua face superior.

Materiais a utilizar:

- Calhas: de PVC, metálica (aço galvanizado, cobre, etc.), de fiberglass ou de concreto armado, cimento amianto.

- Condutores: utilizar tubos de PVC Fortilit Sanifort.

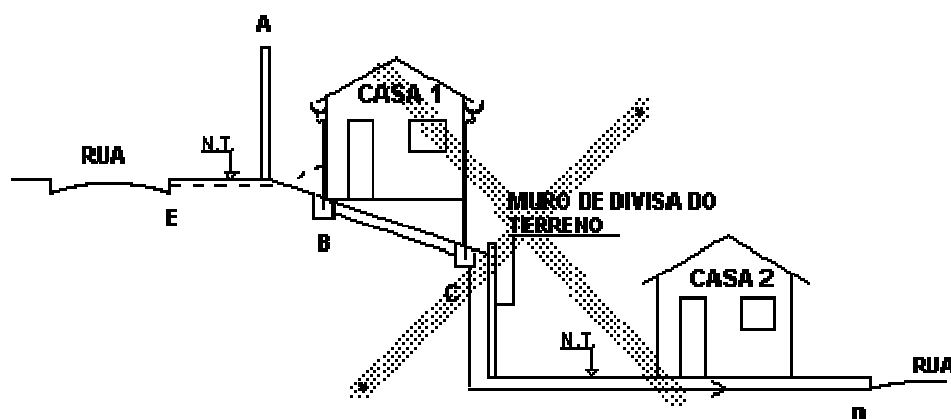
Utilização de águas pluviais para uso doméstico a partir de cisternas



Em regiões não dotadas de rede de água ou de obtenção difícil, é comum o uso de cisternas (reservatório inferior) coletando a que cai em telhados. A qualidade dessas águas é suspeita, mas pode ser aceitável para uso menos nobre, como lavagem de utensílios. Não se deve ingeri-la, pois, pois traz poluição do ar e sujeira dos telhados.

Particularidades dos sistemas pluviais

- Água para frente ou pra trás:

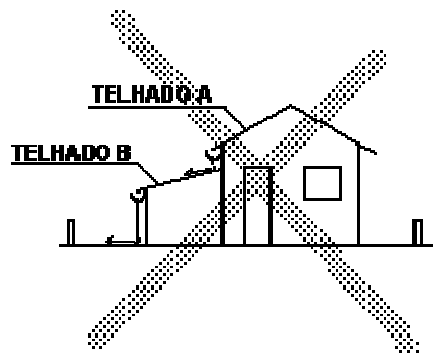


Eis um exemplo de má solução de águas pluviais:

A chuva que cai na casa 1 é recolhida em calha no ponto A, que a joga na rampa inclinada (para dentro); daqui existe um ralo B e tubulação enterrada, que a leva a um ralo em C; daqui sai uma tubulação enterrada entre C e D, onde finalmente a água ganha a sarjeta da rua.

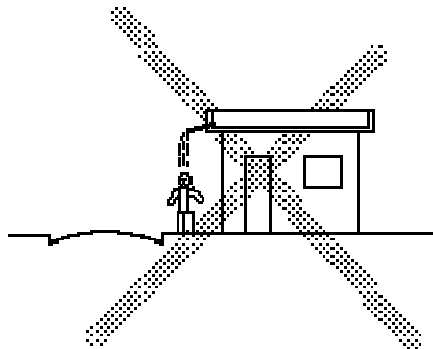
Boa parte dos problemas se resolveria ligando a água pluvial do telhado da casa 1 diretamente até o ponto E, eliminando dessa forma o ponto B.

- Água jogada de telhado em telhado:



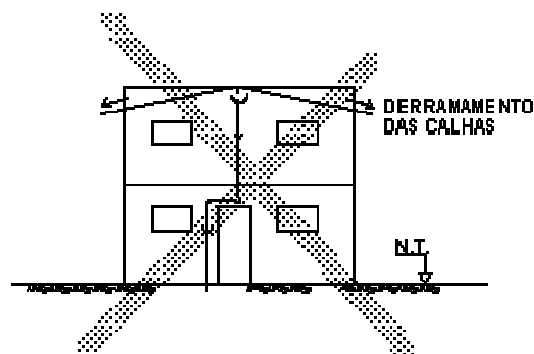
As águas coletadas pelo telhado A caem em calha e daí são jogadas sobre o telhado B. Telhados são estruturas frágeis e não devem receber vazões concentradas (carga de impacto). Caso o telhado B não tenha sido calculado para isso, o correto seria transportar a água do telhado A até a rua, por um condutor.

- Água despejada em transeunte:



Esse é um caso muito comum, infelizmente. A água do buzino cai em cima do transeunte. A solução correta seria transportá-la até a sarjeta.

- Água levada para local indevido:



As duas calhas no início levavam a água para o coletor central. Com o tempo, as calhas cederam nas extremidades; a água começou então a carregar o trecho mais deformável da calha, que é a parte mais distante do ponto de coleta junto ao condutor. O problema tende a se agravar e a casa não terá mais um sistema de calha condutor, e sim dois pontos de despejo da água, nas extremidades opostas ao ponto do condutor.

A primeira pergunta que se deve fazer quando se pensa em instalar um equipamento para coletar a água da chuva é se ele será economicamente viável.

Para saber se o equipamento é economicamente viável deverá ser feito um cálculo simples da quantidade de água que conseguiremos coletar.

Para isso deveremos saber:

1) Área de coleta.

Em m² e sem levar em consideração a inclinação do telhado. Deve ser calculada a área projetada da cobertura.

2) Coeficiente de rendimento.

Ligado diretamente ao material utilizados na cobertura.

3) Índice pluviométrico.

Média dos últimos anos.

Para o melhor entendimento explicarei através de um exemplo hipotético:

☐ Deve-se averiguar a viabilidade da instalação de um sistema de água da chuva em uma casa, na cidade de Porto Alegre.

- Essa casa tem um telhado com área de superfície de 150 m^2 e será coberto por telhado verde extensivo.

Devemos multiplicar a área do telhado pelo seu coeficiente de rendimento, que é 0,5.

Então nossa área efetiva de coleta é 75 m^2 .

- O índice pluviométrico é 1324 mm.

Temos, então, $1324 \text{ mm} \times 75 \text{ m}^2 / 1000 = 99,3$

Conseguimos, portanto, acumular $99,3 \text{ m}^3$ de água por ano.

Mas o que representa isso?

Consideramos que o reúso será para os vasos sanitários. Nessa casa vivem 6 pessoas que utilizam, em média, 24 litros ao dia cada uma.

Totalizando, ao fim do ano, um consumo de 52 m^3 .

Então, é bem viável a instalação desse equipamento para essa casa.

Ressaltamos, novamente, que esse é um cálculo apenas para averiguar a viabilidade da instalação do equipamento. Se comprovada a viabilidade deverá ser feito um cálculo mais minucioso mês a mês.

1. CONCEITOS, IMPLANTAÇÃO, MONITORAMENTO E OPERAÇÃO

Gestão de utilidades - é uma nova área de negócios, em franca expansão, responsável pela gestão de espaços, conteúdos, sistemas e equipamentos agregados às instalações das organizações, visando uma completa interação homem, comunidade e ambiente tecnológico. Como segmento de serviços, vem demonstrando grande crescimento e interesse no setor empresarial brasileiro. Como elo e suporte da cadeia de valores das empresas, passa não apenas a controlar atividades de manutenção predial e instalações, gerenciamento de utilidades, condicionamento de ar e sistemas prediais, mas também gerenciamento de resíduos, espaços ergonômicos, segurança, limpeza, estacionamento, conveniências, jardinagem, manutenção da imagem corporativa, projetos específicos para atendimento legal e todas as atividades indiretas que alavancam o posicionamento estratégico das empresas.

2. SISTEMAS DE RESFRIAMENTO

Segundo Mustafa (1998) o sistema de refrigeração industrial é composto basicamente por compressores, trocadores de calor e equipamentos destinados ao afastamento de energia térmica, utilizando elementos refrigerantes como gases, ar ou água (no caso de torres de resfriamento). Nos sistemas refrigerados que utilizam água em trocas térmicas, os padrões de qualidade exigidos para essa água de alimentação são menos exigentes quando comparados com os padrões de potabilidade, considerando-se que para o uso industrial a prioridade é manter a integridade dos equipamentos e linhas hidráulicas, evitando danos aos equipamentos e tubulações. Desta forma, o reuso de água nesses sistemas de resfriamento possibilita a preservação de mananciais de abastecimento de água para consumo humano.

Logo, podemos alegar que o reuso da água para essa finalidade constitui em uma estratégia ambiental e economicamente eficaz, possibilitando a minimização da

poluição resultante do lançamento de efluentes no ambiente, redução da captação de água, equacionamento e redução de custos associados às cobranças e multas por parte dos órgãos fiscalizadores ambientais. Em um estudo de caso realizado por Mancuso & Manfredini (2005), foi concluído que o reuso de água em torres de resfriamento possibilita uma redução da captação de água superficial em termos de 25%, tornando cerca de 5.000 m³/mês de água disponível para usos mais nobres, como o consumo humano por exemplo.

3. CALDEIRAS

OBS.: O trecho a baixo foi baseado em um trabalho desenvolvido na disciplina do curso de Fabricação e Montagem de Caldeiras e Trocadores de Calor do programa do Curso de Especialização de Engenheiro de Suprimentos – Construção e Montagem amparado pelo Depto. de Engenharia Mecânica da EPUSP. Agosto/Setembro de 2008. Nilson Ribeiro Leite & Renato de Abreu Militão

As caldeiras (“boilers” do inglês) são equipamentos destinados basicamente à produção de vapor através do aquecimento da água.

As caldeiras podem ser classificadas de acordo com o tipo, podendo ser: flamotubulares ou aquotubulares.

Nas flamotubuladoras, os gases quentes passam por dentro de tubos, ao redor dos quais está a água a ser aquecida e evaporada. Os tubos são montados à maneira dos feixes de permutadores de calor, com um ou mais passos dos gases quentes através do mesmo. Esses tipos de caldeiras são empregados apenas para pequenas capacidades e quando se quer apenas vapor saturado de baixa pressão.

Já as do outro tipo, as aquatubulares, são mais empregadas e as mais importantes. Essas possuem circulação de água por dentro dos tubos e gases quentes envolvendo-os. São usadas para instalações de maior porte e na obtenção de vapor superaquecido.

a. Caldeiras Flamotubulares

Também chamadas de “caldeiras de tubos de fogo” ou “tubos de fumaça”, “fogatubulares” ou ainda “gás-tubulares”, são aquelas em que os gases provenientes da combustão circulam no interior dos tubos e a água a ser aquecida ou vaporizada circula pelo lado de fora. Este tipo de caldeira é o de construção mais simples, podendo ser classificada quanto à distribuição dos tubos, que podem ser tubos verticais ou horizontais.

i. Caldeiras de Tubos Verticais

Nessas caldeiras, os tubos são colocados verticalmente num corpo cilíndrico fechado nas extremidades por placas, chamadas espelhos. A fornalha interna fica no corpo cilíndrico logo abaixo do espelho inferior. Os gases de combustão sobem através dos tubos, aquecendo e vaporizando a água que está em volta deles. As fornalhas externas são utilizadas principalmente no aproveitamento da queima de combustíveis de baixo poder calorífico, tais como: serragem, palha, casca de café e de amendoim e óleo combustível, entre outros.

ii. Caldeiras de Tubos Horizontais

As caldeiras de tubos horizontais abrangem vários modelos, desde as caldeiras de grande volume de água (Cornuália) até as modernas unidades compactas (Lancaster). As principais caldeiras horizontais apresentam tubulões internos (que podem ser de 1 a 4 por fornalha) nos quais ocorre a combustão e através dos quais passam os gases quentes.

- ✓ Caldeiras de Cornuália: é constituída de um tubulão horizontal ligando a fornalha ao local de saída de gases. Possui um funcionamento simples, no entanto seu rendimento é muito baixo.
- ✓ Caldeiras Lancaster: sua construção é semelhante às de Cornuália, só que mais evoluída tecnicamente. Pode ser constituída de dois a quatro tubulões internos e algumas delas apresentam tubos de fogo e de retorno, o que representa uma melhoria de rendimento térmico em relação às anteriores.

- ✓ Caldeiras Multitubulares: nesse tipo, a queima de combustível é efetuada em uma fornalha externa e os gases quentes passam pelos tubos de fogo. A maior vantagem desse tipo de caldeira é a possibilidade de queima de qualquer tipo de combustível.
- ✓ Caldeiras Locomóveis: essa também é do tipo multitubular; têm como principal característica apresentar uma dupla parede em chapa na fornalha, pela qual a água circula. O fato de ela ser de fácil transferência de local e de poder produzir energia elétrica é sua principal vantagem. Esse tipo é muito usado em serrarias junto à matéria-prima e em campos de petróleo.
- ✓ Caldeiras Escocesas: foi criada basicamente para uso marítimo. É o modelo de caldeira industrial mais difundido no mundo, sendo destinada à queima de óleo ou gás.

Esses tipos de caldeiras, as flamotubulares, apresentam vantagens e desvantagens.

Como vantagens podemos destacar:

- ✓ Custo de aquisição mais baixo;
- ✓ Uso de pouca alvenaria;
- ✓ Bom atendimento aos aumentos instantâneos de demanda de vapor.

Já as desvantagens são:

- ✓ Baixo rendimento térmico;
- ✓ Partida lenta devido ao grande volume interno de água;
- ✓ Limitação de pressão de operação (máx. 15 kgf/cm²);
- ✓ Baixa taxa de vaporização (kg de vapor/m²/hora);
- ✓ Capacidade de produção limitada;
- ✓ Dificuldades para instalação de economizador, superaquecedor e pré-aquecedor.

b. Caldeiras aquatubulares

Caldeiras aquatubulares são também chamadas caldeiras de paredes de água ou de tubos de água. A água passa pelo interior dos tubos, que por sua vez são aquecidos pelas chamas. São as mais comuns em se tratando de plantas termelétricas ou geração

de energia elétrica em geral, exceto em unidades de pequeno porte. A pressão de trabalho de caldeiras deste tipo pode chegar a 26 MPa, ou seja, superior a pressão do ponto crítico. Neste caso, o período de ebulição (transição de líquido para vapor) passa a não existir.

4. CONDENSADORES

Em sistemas envolvendo transferência de calor, um condensador é um dispositivo ou unidade usada para condensar uma substância de seu estado gasoso para o líquido, normalmente por esfriá-lo. Ao fazê-lo, o calor latente é cedido pela substância, e irá se transferir para o resfriamento do condensador. Condensadores são tipicamente trocadores de calor os quais tem diversos projetos e apresentam-se em muitos tamanhos variando desde relativamente pequenos (portáteis) a unidades industriais muito grandes usadas em processos em plantas industriais.

Trocadores de calor são largamente usados na indústria tanto para resfriamento e aquecimento em larga escala em processos industriais. O tipo de tamanho de trocadores de calor usados pode ser adaptado a um processo dependendo do tipo de fluido, sua fase, temperatura, densidade, viscosidade, pressões, composição química e várias outras propriedades termodinâmicas.

Em muitos processos industriais existe desperdício de energia ou uma corrente de calor que está sendo exaurida, trocadores de calor podem ser usados para recuperar este calor e colocá-lo em uso pelo aquecimento de uma outra corrente no processo. Esta prática poupa uma quantidade de dinheiro na indústria como o calor fornecidos a outras correntes dos trocadores de calor que de outra forma viria de fonte externa a qual é mais custosa e mais nociva ao ambiente.

Trocadores de calor são usados em muitas indústrias, algumas das quais incluem:

Tratamento de águas residuais

Sistemas de refrigeração

Indústria de vinhos e cervejarias

Indústria do petróleo.

Indústria química pesada

Na indústria de tratamento de águas residuais, trocadores de calor desempenham um papel vital na manutenção ótima de temperaturas internamente a digestores anaeróbicos a fim de promover o crescimento de microorganismos que removem os poluentes das águas residuais. Os tipos mais comuns de trocadores de calor utilizados nesta aplicação são o trocadores de calor de duplo tubo, bem como os trocadores de calor de placa e quadro.

5. APLICAÇÕES

A descrição a seguir foi baseada na obra de NETO, D, J. 2008, onde o autor aborda o uso eficiente da água, em seus aspectos teóricos e práticos.

A indústria, através das atividades desenvolvidas em seu interior, representa um setor de atividade grande usuário de água. Dessa forma, carece estar atento aos meios disponíveis para se utilizar de forma eficiente esse recurso natural.

De acordo com Arreguín-Cortés (1994) os usos da água na indústria podem ser divididos em um dos grupos a seguir: transferência de calor, geração de energia e aplicação a processos. Segue comentários de cada um desses grupos com base no autor supracitado.

Transferência de Calor

É apropriada em processos de aquecimento ou esfriamento. Para o aquecimento, em geral se utiliza a geração de vapor através de caldeiras que aplicam a combustão de carbono, petróleo, gás ou produtos de resíduo. Em relação ao esfriamento se utiliza a circulação de água através de torres ou tanques de esfriamento.

Geração de Energia

Em sua grande maioria a geração de energia tem origem, em muitos países, em plantas termoelétricas que utilizam o vapor d'água com o propósito de mover turbinas adaptadas a geradores.

Aplicação a Processos

Os processos produtivos, em sua maior parte, são grandes usuários de água. Dentre alguns desses processos podem ser referenciados os de transporte de materiais onde são utilizados tubos ou canais para o seu transporte. As indústrias que mais se utilizam desse sistema são as de papel e celulose, as enlatadoras de alimentos, as carboníferas e os engenhos açucareiros.

O autor em comento também faz menção as técnicas que podem ser aplicadas como forma de se obter o uso eficiente da água no setor indústrias, quais sejam: recirculação, reuso e a redução do consumo. Para os três casos são imprescindíveis que sejam cumpridas as ações de medição e o monitoramento da qualidade da água. Veja considerações a seguir de cada uma dessas técnicas.

Recirculação

É uma técnica que apresenta por objetivo a utilização da água no processo onde inicialmente se usou. Frequentemente quando a água é utilizada pela primeira vez desencadeia mudanças em suas características físicas e químicas, e dessa forma pode demandar alguma modalidade de tratamento. Assim, torna-se fundamental ter conhecimento da qualidade requerida em todo processo produtivo, bem como o grau de degradação de sua qualidade e finalmente o tratamento apropriado.

A recirculação pode ser utilizada em esfriamento de equipes que geram calor; em processos de lavagem com o intuito de retirar resíduos ou elementos contaminantes dos produtos ou equipes fabricantes; nos processos de transporte de materiais e na fabricação de papel.

Reuso

É uma técnica em que o efluente de um processo, com ou sem tratamento, é aproveitado em outro processo que demanda qualidade diferenciada de água. Assim, é importante saber qual a qualidade requerida em cada processo antes de se utilizar essa técnica, bem como, determinar qual seria o tratamento mínimo exigido e definir os meios de transporte da água. Pesquisas apontam que as águas de reuso de engenhos açucareiros são apropriadas para lavagem de pisos, sistema de esfriamento, serviços sanitários e rega agrícola, desde que sejam observados os seguintes critérios:

O tratamento dos efluentes dos sistemas de geração de vácuo e de processos da destilaria; reatores anaeróbios de fluxo ascendente, de sedimentação primária e secundária e de biodiscos; o tratamento dos efluentes de serviços sanitários e outros processos por meio de lagoas de oxidação e o esfriamento dos efluentes do processo de condensação de vapor. (ROMERO; GONZÁLEZ, 1990, p. 44, In: ARREGUÍN-CORTÉS).

Redução do consumo

Pode ser obtida através de várias ações, dentre as quais podem ser elencadas: otimização dos processos, melhoramento da operação ou modificação das equipes ou a modificação de atitude dos usuários da água.

No que se refere às indústrias, atitudes simples e continuadas podem fazer grande diferença na utilização racional da água. Entre as medidas mais usuais, algumas seriam: plantar espécies nativas nos locais onde se instalam as indústrias; utilizar-se de

rega noturna; eliminação de fugas nos serviços sanitários, bem como a utilização de redutores de fluxo em privadas; o uso de regadeiras de baixo consumo.

Brown e Caldwell (1990) In: Arreguín-Cortés chamam a atenção para o fato de que o desenvolvimento de um programa de uso eficiente de água numa indústria exige a participação de todos que fazem parte da empresa. Essa é uma condição de extrema importância a ser observada.

Dentre as técnicas explanadas anteriormente o reuso de água tem se destacado como uma forma apropriada nos programas de uso eficiente de água em muitas indústrias brasileiras. Dessa forma serão feitas considerações adicionais sobre essa técnica no sentido de se alcançar uma visão mais detalhada dos elementos que lhes dão sustentação.

Questões como: O que é o reuso de água? Quais os tipos de reuso? Quais as principais alternativas para o reuso de água na indústria? Qual o potencial de reuso na indústria brasileira? Quais as diretrizes legais no Brasil sobre o reuso de água? Responder esses questionamentos representa uma forma de se alcançar uma visão abrangente de aspectos que necessitam serem levados em consideração pelas indústrias quando se deseja implantar essa técnica em suas unidades produtivas.

Para Lavrador Filho (1987, p. 25) In: Brega Filho e Mancuso (2003) reuso “é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original”.

Brega Filho e Mancuso (2003, p. 23) fazem alusão ao conceito da Organização Mundial da Saúde (1973) quando diferenciam entre reuso indireto, reuso direto e reciclagem interna.

Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída; reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável; reciclagem interna: é o reuso da água internamente à instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Os autores acima ainda fazem referência a Cecil no sentido de evidenciar que reciclagem não é sinônimo de reuso, embora represente um tipo especial de reuso em que recupera os esgotos gerados por um uso no sentido de servir ao mesmo uso.

Plínio Tomaz (2001) In: Silva et al. (2003, p. 42) afirma que “o reuso de água é subentendido como o aproveitamento dos esgotos sanitários tratados”.

A literatura sobre os tipos de reuso é bastante extensa. Brega Filho (2003) expõem a classificação adotada por Westerhoff (1984) e que também tem sido utilizada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Segue considerações acerca dessa tipologia tomando por base as referências acima.

Reuso potável

Pode ser dividido em direto e indireto. O direto ocorre no momento em que o esgoto recuperado através de um tratamento avançado é diretamente reutilizado no sistema de água potável. O indireto se dá quando o esgoto depois que é tratado é jogado nas águas superficiais ou subterrâneas passando pelas etapas de diluição, purificação natural, sendo posteriormente captado, tratado e por fim utilizado como água potável.

Reuso não potável

O reuso não potável pode ser utilizado para fins agrícolas (o objetivo maior é a irrigação de plantas alimentícias); para fins industriais (usos de refrigeração, águas de

processo, utilização em caldeiras, dentre outros); para fins recreacionais (irrigação de plantas ornamentais, parques, jardins, dentre outros); para fins domésticos (água para ser utilizada em regas de jardins residenciais, descargas sanitárias, etc.); para manutenção de vazões (tem por escopo permitir o uso planejado de efluentes tratados com o intuito de prevenir a poluição); para aquicultura (tem por propósito conseguir alimentos e/ou energia através dos nutrientes que encontram-se nos efluentes tratados) e para recarga de aquíferos subterrâneos com efluentes tratados.

De acordo com Mierzwa (2002) vários especialistas apontam como opções mais usuais para o reuso da água na indústria as indicadas no quadro a seguir.

Em relação às possibilidades de reuso macroexterno (reúso efetuado por meio de companhias municipais ou estaduais de saneamento) em indústrias brasileiras, Hespanhol (2003) enumera as seguintes possibilidades viáveis: torres de resfriamento; caldeiras; lavagem de peças e equipamentos, especialmente nas indústrias mecânica e metalúrgica; irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagem de pisos e veículos; processos industriais.

Quanto ao reuso macrointerno, a própria conjuntura brasileira atual, que apresenta custos altos em relação às águas industriais, aliado aos novos instrumentos de outorga e cobrança, exigidos por lei, quando da utilização dos recursos hídricos são aspectos extremamente motivadores para que as indústrias passem a adotar em seu gerenciamento práticas de racionalização da água através do reuso interno em seus processos produtivos.

O autor faz referência ainda ao reuso interno específico que significa “a reciclagem de efluentes de quaisquer processos industriais, nos próprios processos nos quais são gerados, ou em outros processos que se desenvolvem em seqüência e que suportam qualidade compatível com o efluente em consideração”. (HESPANHOL, 2003, p. 49-50).



Parafrazeando o autor o reuso interno específico é apropriado, entre outros processos, em atividades de pintura em indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos, onde as águas utilizadas para as lavagens intermediárias podem ser recicladas no próprio processo de lavagem, logo após o tratamento específico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento, disponível em: www.corsan.com.br – acesso em 20 de setembro de 2011.

FIESP/CIESP, 2011. **Conservação e Reuso da Água – Manual de Orientações para o Setor Industrial** – Volume 1. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf> - acesso em 20 de setembro de 2011.

Freire, R.S.; Pelegrini, R.; Kubota, L.T.; Durán, N. & Peralta-Zamora, P. (2000) **“Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas”** *Química Nova*, 23(4):504-511.

Giordano, G. (2004) **“Tratamento e controle de efluentes industriais”**. Apostila (Efluentes Industriais). Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ. Disponível em: [http://www.ufmt.br/esa/Modulo II Efluentes Industriais/Apost EI 2004 1ABES Mat o Grosso UFMT2.pdf](http://www.ufmt.br/esa/Modulo%20II%20Efluentes%20Industriais/Apost%20EI%202004%201ABES%20Mat%20o%20Grosso%20UFMT2.pdf) - acesso em 21 de setembro de 2011.

Henkes, S.L. – **“Histórico legal e institucional dos recursos hídricos no Brasil”** – Disponível em: <http://www1.ius.com.br/doutrina/texto.asp?id=4146&p=2> - acesso em 21 de setembro 2011.

Las Casas, A. (2004) **“Tratamento de efluentes industriais utilizando a radiação ionizante de acelerador industrial de elétrons e por adsorção com carvão ativado. Estudo comparativo.”** *Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.* Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Autarquia Associada à Universidade de São Paulo.

Lopes, L.G.; Amaral, L.A. & Hojaij, A. (2008) **“Avaliação de fontes alternativas de abastecimento de água por meio da utilização da concentração de nitrato – Estudo de Caso”** – *FAZU em Revista*, Uberaba n. 5: 25-29.

Mancuso, P.C.S. & Manfredini, B. (2005) **“Reuso de água em sistema de resfriamento. Estudo de Caso: Subestação Conversora de Energia Furnas Centrais Elétricas”**. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/paraguay5/IVAA02.pdf> - Acesso em: 26 de outubro de 2011.

Manual de Conservação da Água – Disponível em: www.cbcs.org.br/userfiles/bancoDeConhecimento/ManualConservacaoDaAgua.pdf - acesso em 22 de setembro de 2011.

Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria – Rio de Janeiro/1ª Edição – 2007 - Sistema FIRJAN. Disponível em: http://www.siamfesp.org.br/novo/downloads/cartilha_reuso.pdf - acesso em 23 de setembro de 2011.

Manual de Indicadores Ambientais – Instrumentos de Gestão Ambiental. 2008 – Sistema FIRJAN. Disponível em: <http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE92826B8DA01283FB149342002.htm> - acesso em 23 de setembro de 2011.

Mustafa, G.S. (1998) **“Reutilização de efluentes líquidos em indústria petroquímica”** – *Dissertação de Mestrado* - Universidade Federal da Bahia.

Dantas Neto, J.: (2008) *Uso eficiente da água: aspectos teóricos e práticos*, Edição electrónica gratuita. Disponível em: <http://www.eumed.net/libros/2008c/447/index.htm> - acesso em 10 de Julho de 2011.



Pereira, R.S. **“Poluição Hídrica: Causas e Consequências”** – Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Disponível em: <http://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf> - acesso em 20 de setembro de 2011.

PMSS - Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Disponível em: www.pmss.gov.br/pmss - acesso em 22 de setembro 2011.

Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Disponível em: www.proagua.ana.gov.br/proagua - acesso em 22 de setembro de 2011.

PROSAB - **“Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água”** – Ricardo Franci Gonçalves (coordenador) - Rio de Janeiro:ABES, 2009.

Quinello, R. & Nicolletti, J.R. (2006) **“Gestão de Facilidades”**

Rio, G.A.P.; Moura, V.P. & Sales, A.V.S. **“Gestão de recursos hídricos: aspectos metodológicos”**. Disponível em:

http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT03/gisela_vinicius_alba.pdf -

Acessado em: 24 de setembro de 2011

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em www.sabesp.com.br – acesso em 22 de setembro de 2011.

Santos, M.O.R.M. (2002) **“O impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário”** – Tese de Doutorado – COPPE/RJ.

SIAPREH - Sistema de Informação e Acompanhamento da Implementação de Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/srh> - acesso em 15 de setembro de 2011.



Silveira, B.Q. (2008) **“Reuso da água pluvial em edificações residenciais”** – *Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG*. Belo Horizonte.

SIMÃO J, M. **Estudo de Otimização do Uso da Água no Centro de Serviços e Convivência da UNIFEI**. 2010. 147p. (monografia) Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2010.

Valle, J.A.B.; Pinheiro, A. & Ferrari, A. (2007) **“Captação e avaliação da água da chuva para uso industrial”** – *Revista de Estudos Ambientais* 9(2):62-72