Eliana Aparecida Buzelli

# Conservação de água na indústria:
# oportunidades de uso racional de água em uma indústria de autopeças, na Região Metropolitana de São Paulo.

São Paulo
Março/2009

# Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Eliana Aparecida Buzelli

Conservação de água na indústria:
oportunidades de uso racional de água em uma indústria de autopeças,
na Região Metropolitana de São Paulo.

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Data da aprovação ____/____/_____

_____
Prof. Dr.Wolney Castilho Alves (Orientador)
IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo

_____
Prof. Dr. Luciano Zanella (Co-orientador)
IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo

Membros da Banca Examinadora

Prof. Dr. Wolney Castilho Alves (Orientador)
IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Luciano Zanella (Co-orientador)
IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Ângelo José Consoni (Membro)
IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Eduardo Antonio Lico (Membro)
SENAC - Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial

Eliana Aparecida Buzelli

# Conservação de água na indústria: oportunidades de uso racional de água em uma indústria de autopeças, na Região Metropolitana de São Paulo.

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de Concentração: Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr.Wolney Castilho Alves

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano Zanella

São Paulo
Março/2009

*Dedico este trabalho ao meu marido e às minhas filhas pela compreensão nos momentos em que me ausentei para realizar este feito.*

**Agradecimentos**

Agradeço a indústria de autopeças na RMSP pela colaboração e disponibilidade de suas instalações para esta pesquisa.

Aos amigos que fiz e funcionários da empresa que tanta atenção me dispensaram para que este projeto fosse realizado, em especial Milton Scoparo e Marcos Moraes.

Agradeço ao Professor Doutor Wolney Castilho Alves pela disponibilidade, dedicação e atenção com que me orientou durante o tempo empregado nesta pesquisa.

Agradeço ao Professor Doutor. Luciano Zanella pela disponibilidade, dedicação e atenção que me dispensou durante a realização desta dissertação.

**RESUMO**

Recurso natural essencial à vida, a água vem sendo poluída há séculos devido ao uso humano irresponsável, em diversas atividades, como é o caso da indústria. A busca para recuperar esse bem se intensifica a cada dia, conjuntamente com as pesquisas na área que estudam alternativas para a sustentabilidade na utilização da água. O índice de disponibilidade hídrica é considerado crítico pela Organização das Nações Unidas, devido ao denso povoamento e aos grandes parques industriais. A Região Metropolitana de São Paulo é um típico exemplo dessa situação e a pesquisa aqui apresentada foi desenvolvida na indústria de autopeças localizada nessa crítica Região. Este estudo de caso elaborou diretrizes para que a indústria em questão minimize o consumo e opere com um uso mais racional de água nas atividades que desempenha. Todas as operações onde a água está envolvida foram explicitadas e mensuradas. A demanda pela água no ano de 2006 da indústria em questão foi descrita conforme seu emprego nas operações e sua qualidade requerida. Somente no processo produtivo de amortecedores foram gastos 51.495 metros cúbicos e na planta de sinterizados consumiu-se 14.790 metros cúbicos de água. Uma descrição do aproveitamento das oportunidades de ofertas existentes foi realizada, englobando as fontes atualmente utilizadas e as fontes alternativas, demonstrando seus aspectos ambientais, econômicos e técnicos, salientando os pontos positivos e negativos. Um melhor monitoramento de consumo de água, medidas de economia e o reuso da água estão entre as ações que foram recomendadas para esta empresa objetivando o aumento da eficiência no uso da água e a conservação do recurso hídrico.

Palavras chave: conservação de água; uso racional; reúso; água de chuva; fontes alternativas; indústria metalúrgica.

## ABSTRACT

### Water conservation in the industry: chances of rational water use in an industry, on the Region Metropolitan of São Paulo.

Essential natural resource for our lives, the water has been contaminated for decades due to the irresponsible human use, either in diverse activities or in the industry. The search for recovering this resource intensifies each day along with researches in the area that study alternatives for the sustainability in the use of water. The rate of available water is considered critical by the United Nations, considering the dense population and the industrial parks. The Metropolitan Region of São Paulo is a typical example of this situation and the research presented here was developed in the company which is located in this critical region.

This case study targets the elaboration of guidelines so that the industry in question minimizes the consumption and operates with a more rational water use during working activities. All the operations in which the water is involved were pointed out and measured. The demand for water in 2006 in the industry in question was described according to its use in the operations and the quality required. In the productive process of shock absorbers, 51,495.00 cubic meters were spent and in the sintered parts 14,790.80 cubic meters of water were consumed.

An evaluation of opportunities was carried through, including the sources currently used and the alternative sources, demonstrating its environmental, economical and technical aspects, pointing out the positive and negative aspects. A better control of the water consumption, economy measures and the reuse of the water are among the actions that have been developed for this company aiming the increase of the efficiency in the use of water and the conservation of this natural resource.


Key words: water, conservation, reuse; rain water; metallurgic industry.

## Lista de Ilustrações


Figura 1 Reúso de efluentes domésticos e industriais..... 23
Figura 2 Sistema residencial de captação de água de chuva..... 27
Figura 3 Fluxograma simplificado da produção de amortecedores... 40
Figura 4 Ilustração do processo produtivo de sinterizados..... 42
Figura 5 Estação de tratamento de efluentes..... 45
Figura 6 Demanda de água na fabricação de amortecedores..... 47
Figura 7 Consumo no processo produtivo de sinterizados..... 50
Figura 8 Consumo de água potável – amortecedores..... 51
Figura 9 Demanda de água potável – sinterizados..... 52
Figura 10 Demananda geral e por setores..... 54
Figura 11 Entrada de água na empresa de acordo com a origem..... 57
Figura 12 Quantidade de efluente tratado..... 59

## Lista de Tabelas


Tabela 1 Crescimento da população brasileira e urbanização..... 15

Tabela 2 Demandas hídricas no Brasil..... 18

Tabela 3 Consumo de água no Brasil, em $10m^6m^3$ por ano..... 19

Tabela 4 Reúso de efluentes na Companhia Souza Cruz..... 24

Tabela 5 Demanda de água em $m^3$ – amortecedores..... 47

Tabela 6 Consumo – amortecedores ano de 2006..... 48

Tabela 7 Consumo de água em $m^3$/mês – sinterizados..... 49

Tabela 8 Usos de água – amortecedores..... 51

Tabela 9 Origem de água potável em $m^3$ – sinterizados..... 52

Tabela 10 Demanda de água por setores..... 54

Tabela 11 Totais de entrada de água em $m^3$/mês de acordo com a origem..... 55

Tabela 12 Requisitos para água dos boilers..... 56

Tabela 13 Parâmetros para água das torres..... 57

Tabela 14 Quantidade de efluente tratado..... 58

Tabela 15 Consumo de água ($m^3$), por setores, conforme a qualidade requerida..... 60

Tabela 16 Índices pluviométricos..... 61

## Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

ANA – Agência Nacional de Águas

DFP – Demonstrações Financeiras Padronizadas

ITR – Informações Trimestrais

EPA – *United States Environmental Protection Agency*

PURA – Programa do Uso Racional da Água

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

pH – potencial hidrogeniônico

PVC – Poli Cloreto de Vinila

IPCC – Intergovernamental Panel on Climate Change

**Sumário**

1 **INTRODUÇÃO**.....10
2 **OBJETIVOS**.....11
2.1 Geral..... 11
2.2 Específico.....11
3 **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**.....11
3.1 Disponibilidade hídrica..... 11
3.2 Usos múltiplos da água.....14
3.3 Demandas hídricas na indústria e outros setores.....17
3.4 Importância da conservação de água na indústria..... 19
3.5 Fontes alternativas de água na indústria..... 21
3.5.1 O reúso de água na indústria.....21
3.5.2 Aproveitamento de água de chuva..... 26
3.6 Programas de conservação de água aplicáveis na indústria.....29
3.7 Aspectos legais.....30
3.8 A cobrança pelo direito de uso da água.....32
4 **PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**.....34
5 **CARACTERIZAÇAO DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO**.....36
5.1 A indústria de autopeças objeto da pesquisa..... 37
5.1.1 Unidade de amortecedores.....37
5.1.2 Unidade de peças sinterizadas.....39
5.2 Abastecimento de água e tratamento de efluentes.....43
5.3 Demandas de água na indústria estudada..... 45
5.6 Consumo de água potável..... 50
5.7 Usos não industriais.....53
5.8 Demanda geral de água na empresa.....55
5.9 Controle de qualidade da água utilizada na empresa.....56
5.10 Características do efluente tratado..... 57
5.11 Resumo do consumo de água na empresa em 2006..... 59
5.12 Potencialidade do uso da água de chuva..... 60
5.13 Água de utilidade..... 62
6 **DISCUSSÕES**.....62
7 **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**.....67
**REFERÊNCIAS**..... 69

# 1 INTRODUÇÃO

A escassez de água doce consiste um dos maiores problemas ambientais que a humanidade enfrenta na atualidade e que pode comprometer a sobrevivência futura dos organismos no Planeta. No Brasil, a baixa disponibilidade hídrica já se tornou uma dificuldade nas regiões super povoadas como é o caso emblemático da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A quantidade de água precipitada permanece a mesma, a menos das alterações previstas nos relatórios do Instituto de Pesquisas de Mudanças Climáticas, porém, a sua disponibilidade efetiva diminuiu, devido à interferência humana sobre o território, seu meio físico e biótico. Com isso, uma empresa localizada na RMSP, buscando contribuir com a preservação da água disponibilizou sua planta industrial para este estudo, cujo problema era diminuir o consumo de água na empresa, bem como realizar reúso e aproveitamento de outras fontes como água de utilidade e de chuva. Neste intuito, o estudo realizado diagnosticou a situação de demanda e oferta de água na empresa e, após análise dos dados, foram apresentadas diretrizes para o uso racional da água.

O emprego da tecnologia avança no sentido de minimizar os problemas ambientais, evoluindo conjuntamente com as legislações e normatizações no âmbito nacional e internacional. O uso sustentável da água na indústria vem sendo pauta de diversas conferências não somente brasileiras como também mundiais e conservar a água é extremamente necessário para que a vida continue a existir, manter-se e manter o Planeta. Além de racionalizar o consumo, medidas educativas constroem um conhecimento sólido a respeito do tema e geram uma sensibilização capaz de mudar comportamentos das gerações. As diretrizes para o uso racional envolvem medidas como combate ao desperdício, uso eficiente, reúso, aproveitamento da água de chuva, balanços hídricos e monitoramento, adequação das instalações hidráulicas, educação ambiental entre outras. Estudos de caso como este, sobre melhorias na forma de utilizar esse recurso natural na indústria se tornam, a cada dia, referências que gradativamente consolidam conhecimento para diversos setores preocupados com a atual crise de escassez e que buscam ajustar-se ambientalmente.

# 2 OBJETIVOS

## 2.1 Geral

Descrever e avaliar oportunidades de melhorias no uso das águas em uma indústria de autopeças localizada na RMSP, estado de São Paulo, sob a égide dos princípios conservacionistas do recurso hídrico.

## 2.2 Específicos

Os principais objetivos específicos são os seguintes:

a) Analisar as possibilidades de redução do volume utilizado, identificar desperdícios e avaliar possibilidades a adoção de fontes alternativas, nomeadamente o aproveitamento de água de chuva e o reúso de efluentes tratados;

b) Estabelecer diretrizes de aumento de eficiência no uso da água com base nos usos de maior demanda e/ou nas oportunidades de maior facilidade de implantação.

# 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 3.1. Disponibilidade hídrica

A água tem sua importância reconhecida desde a antiguidade. De acordo com Barlow (2003) os povos da Mesopotâmia consideravam a água um tesouro. A própria história do Planeta, onde a natureza vem reciclando a água por meio do ciclo hidrológico, é prova de que se trata de bem insubstituível para a existência da humanidade.

Com o passar dos anos, a relação dos seres humanos com o ambiente foi se alterando e uma crise se estabeleceu. De acordo com Braga et al. (2005) essa situação é o reflexo do aumento populacional mundial, da urbanização, do acelerado desenvolvimento tecnológico e industrial, do total de poluição gerada e da expansão

de áreas agrícolas, onde está o maior consumo da água potável. Estima-se que o volume total de água no Planeta seja de 1,35 bilhões de quilômetros cúbicos sendo 97,5% nos oceanos, 1,979% nas geleiras, 0,514% no subsolo, 0,006% em reservatórios naturais de água doce (rios, lagos etc.) e 0,001% na atmosfera segundo o Departamento de Água e Energia Elétrica do estado de São Paulo – DAEE (2006).

A temida crise da água, caracterizada pela redução da disponibilidade, aumento de demanda e perda da qualidade por causa da poluição (TUCCI, 2001, p.266 apud CAMARGO et al. 2002, p.266-282), já se instalou severamente em algumas áreas do planeta.

Nos 40 países de clima mais secos, a maioria deles na Ásia e na África, um cidadão tem disponibilidade de no máximo 8 litros de água por dia. Cerca de 11 países da África e 9 do Oriente Médio, os quais somados o número de habitantes totalizam 8% da população mundial, já estão entre toda a população que não tem água potável disponível (TUCCI, 2001, p.266 apud CAMARGO et al. 2002, p.266-282).

O Brasil tem 16% de toda a água doce do Planeta, sendo que 80% da disponibilidade hídrica brasileira encontra-se na bacia amazônica conforme citam Teixeira et al. (2000). Em consequência ocorre falta de disponibilidade quantitativa nas regiões de grandes adensamentos urbanos e de produção agrícola. As limitações se vinculam a uma série de fatores, entre eles a elevada concentração populacional nos centros urbanos.

Um componente particular do quadro dos usos do recurso hídrico que causa forte objeção e mesmo indignação pública é a perda física de água potável. Conforme Tucci (2001, p.267 apud CAMARGO, 2002, p.266-282) existem perdas de água nos sistemas de abastecimentos em regiões metropolitanas e desperdício no uso, tanto em nível doméstico como industrial.

A Região Metropolitana de São Paulo é constituída por 39 municípios e tem abastecimento público de água operado de forma integrada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp que produz praticamente a totalidade de água potável consumida pelos municípios da RMSP. Em 6 municípios,

a reservação e distribuição é operada por órgãos vinculados à municipalidade. Nos demais, a Sabesp opera também os serviços de reservação e distribuição.

Considerando que a produção média atual de água potável em todos os sistemas produtores do sistema integrado da Sabesp na bacia do alto Tietê, responsável pelo abastecimento da RMSP, é em média, de 67 $m^3/s$ e que a população da Região atinge quase 20 milhões de habitantes, tem-se um consumo *per capita* bruto de água potável de aproximadamente 290 L/hab.dia que, em termos médios anuais, corresponde a 104 $m^3$/hab.ano, somente de água potável (ALVES, 2008). Entretanto a disponibilidade hídrica natural da bacia hidrográfica do alto Tietê, contida no território da RMSP, não consegue atender à demanda da Região, levando-se em conta as demandas por água potável, demais usos e a degradação ambiental que se estabeleceu sobre a Região.

Tendo em conta que a vazão de escoamento natural da bacia do alto Tietê é de 90 $m^3/s$ e que além da água potável há outros consumos não desprezíveis a serem satisfeitos, tem-se uma situação de escassez na Região. Seus mananciais não são suficientes para atender à demanda existente na RMSP o que obriga à captação ("importação") de água de bacias hidrográficas vizinhas. A maior e mais importante "importação" é feita das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Jundiaí e Capivari. Para o abastecimento público da RMSP são captados nessa bacia, em média, 31 $m^3/s$.

A disponibilidade hídrica bruta *per capita* das bacias hidrográficas do Alto Tietê, do Piracicaba, Jundiaí e Capivari mostra números alarmantes. Tendo como referência o ano de 2003 a Sabesp apresenta disponibilidade hídrica bruta de 201 $m^3$/hab.ano para a bacia do alto Tietê e de 408 $m^3$/hab.ano para as bacias dos rios Piracicaba, Jundiaí e Capivari. Esses índices se referem ao conjunto dos usos das águas, denominados usos múltiplos, ou seja, o conjunto de usos que se dá a água em uma bacia hidrográfica: irrigação, abastecimento público, geração de eletricidade, lazer, navegação, manutenção de ecossistemas e outros. A situação pode ser classificada como crítica porque se adota convencionalmente, no nível internacional, que áreas com disponibilidade hídrica bruta menor que 1.000 $m^3$/hab.ano são classificadas como áreas sujeitas a escassez hídrica, sendo que

valores menores que 500 $m^3$/hab.ano são designados como de escassez crítica (ALVES, 2008).

Tem-se, portanto, o contexto de uma Região de condições críticas quanto à disponibilidade hídrica. Essa condição impõe, quase que naturalmente, a implementação de amplos programas de conservação de água.

## 3.2 Usos múltiplos da água

A água é imprescindível à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, entendimento presente desde as civilizações da antiguidade, há cerca de 4000 anos antes de Cristo, conforme relata Rocha (1998), quando já existiam canais de irrigação, aquedutos, galerias, reservatórios e poços de água. Outro fato que demonstra a importância da água para os usos múltiplos é que várias cidades se formaram às margens de importantes rios, como o Nilo que tem na sua margem a cidade do Cairo bem como no rio Tibre com a cidade de Roma.

Também segundo Rocha (1998), o primeiro poço artesiano data de 1126, construído na cidade francesa de Artois enquanto que, o primeiro poço brasileiro foi furado no Rio de Janeiro, em 1561, e a primeira companhia brasileira de água e esgoto, a Cantareira, foi fundada em São Paulo em 1877.

Além de suprir as necessidades metabólicas do corpo humano e de todas as formas de organismos, o Homem usa a água para um conjunto de outros fins denominados usos múltiplos da água. O princípio de que o recurso hídrico deve servir ao conjunto de usos múltiplos é parte integrante do arcabouço legal brasileiro sobre o tema. No entanto, existem regiões com intensa demanda de água, tanto quantitativamente como qualitativamente e, no que se refere à qualidade, em muitos locais o abastecimento está bastante prejudicado segundo Braga et al. (2005), comprometendo o atendimento do conjunto de usos.

Entre os usos múltiplos da água destaca-se, nesse texto, aquele voltado ao atendimento da indústria. A indústria demanda quantidades e qualidades de águas das mais diversas. Incluí o abastecimento humano, com fins potáveis para servir refeitórios e cozinha e nesse caso se enquadra nas mesmas especificações

empregadas à água para uso doméstico que deve atender aos parâmetros sanitários e de toxidade aos organismos e ecossistemas, caracterizado por valores limites de parâmetros químicos, físicos e biológicos. A água potável tem seus padrões estabelecidos pela Portaria 518 do Ministério da Saúde de março de 2004.

Referindo-se aos contextos de escassez mencionados, pode-se dizer que o comprometimento do abastecimento do setor industrial também está diretamente ligado à questão do aumento demográfico e a urbanização, os quais vêm crescendo bastante de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000 apud Tundisi, 2003). A Tabela 1 apresenta o crescimento da população brasileira em 30 anos e a porcentagem como essa população vem crescendo.

**Tabela 1:** Crescimento da população brasileira e urbanização

| Ano | População* | Porcentagem da População Urbana |
|---|---|---|
| 1970 | 93,1 | 55,9 |
| 1980 | 118 | 68,2 |
| 1991 | 146,8 | 75,6 |
| 1996 | 157,1 | 78,4 |
| 2000 | 169 | 81,1 |

* Em milhões de habitantes
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) apud Tundisi (2003)

A crescente concentração populacional nos centros urbanos coincide com a crescente escassez nessas áreas. O setor industrial tem parte importante a cumprir nesses casos, por meio da utilização racional e responsável da água, no sentido de não desperdiçá-la e não poluí-la, buscando a sustentabilidade da disponibilidade do recurso hídrico no que se refere à quantidade e qualidade.

Cerca de 22% de toda a água doce disponível tem como destino o uso industrial de acordo com Puigjaner et al. (2000), onde é usada para três principais propósitos: incorporação a produtos específicos, como fluido térmico para fins de aquecimento ou resfriamento e para eliminar componentes indesejáveis segundo Puigjaner et al. (2000). As águas destinadas às indústrias não apresentam um requisito de qualidade genérico. Cada segmento industrial, cada tecnologia de

produção, tem suas condicionalidade próprias. As indústrias produtoras de fármacos, por exemplo, requerem águas de qualidade bastante elevada. As produtoras de alimentos e bebidas também necessitam de águas de maior exigência em relação à qualidade (BRAGA et al. 2005, p.79).

No que se refere à água destinada para o uso de geração de vapor, ou seja, aquecimento térmico faz-se necessário um rígido controle da qualidade conforme Tundisi (2003), pois, algumas características da água poderão gerar danos aos equipamentos e alterações no funcionamento do sistema, como por exemplo, incrustações de minerais. Como fluido de resfriamento industrial, não é necessário um alto grau de qualidade, comparado ao uso de geração de vapor, embora se deva ter em conta que a cada uso particular estará associada qualidade compatível.

De acordo com Braga et al. (2005), os diversos usos dos recursos hídricos podem gerar conflitos, tema recorrente na gestão dos recursos hídricos. O cenário que se apresenta mostra que se a busca pela gestão integrada e da sustentabilidade não for efetiva, a tendência é que os conflitos de uso cresçam e a crise da escassez se agrave ainda mais. (BRAGA et al.,2005, p.82). Tem particular importância no gerenciamento do recurso hídrico, em contextos de escassez e disputa, a manutenção, proteção ou recuperação dos mananciais hídricos, pois estes são bastante vulneráveis. Nesse caso, seu uso para diluição de despejos urbanos, industriais e agrícolas ganha maior relevância, pois podem degradar a qualidade da água, comprometendo todo o abastecimento humano, industrial e a preservação ambiental.

Na análise dos conflitos de usos, cabe observar o papel dos usos consuntivos. Considerando apenas a disponibilidade hídrica superficial, estes podem ser definidos como usos que desincorporam a água da bacia hidrográfica à qual originalmente faziam parte. Por exemplo, na agricultura, parte da água utilizada na irrigação é absorvida pela vegetação e eliminada na evapotranspiração sendo desvinculada da bacia hidrográfica. Segundo esse entendimento, as perdas de água nos sistemas de abastecimento público podem também ser enquadrados na categoria de consuntivos. No setor industrial o uso consuntivo pode ser detectado em perdas na distribuição ou no caso de incorporação da água no produto. Os usos consuntivos, de maneira geral, conflitam com quaisquer outros usos da água em

função da retirada da água do ambiente aquático (BRAGA et al. 2005, p. 82). Tratar-se-ia de conflito na medida em que o uso múltiplo daquela quantidade desincorporada da bacia no uso consuntivo não mais será possível.

### 3.3 Demandas hídricas na indústria e outros setores

A Tabela 2 ilustra a demanda hídrica por ramo principal de atividade para os estados brasileiros. Observa-se que a demanda industrial tem forte presença no caso do estado de São Paulo, onde se encontra a maior demanda. Uma análise mais detalhada por bacias hidrográficas do estado de São Paulo mostraria um grande número delas onde a relação disponibilidade e demanda apontam para a necessidade de programas de conservação de água.

São resumidos, na Tabela 3, os volumes de água consumidos no Brasil em $10^6 m^3$ segundo os principais ramos de atividade econômica em cada região hidrográfica brasileira, indicando o consumo por ramo e o percentual relativo em relação ao consumo nacional.

A análise da Tabela 3, à parte a confirmação da participação absolutamente majoritária da irrigação, permite observar que o consumo industrial é bastante significativo. Uma análise que localizasse nas regiões hidrográficas, os centros urbanos permitiria verificar que os altos valores de disponibilidade observados em grande parte dessas regiões é ilusório, pois o consumo é altamente concentrado nos centros urbanos, especialmente em grandes cidades e metrópoles.

O contingente populacional concentrado em centros urbanos e a dimensão do parque industrial associado têm relação direta com a poluição que degrada as ocorrências naturais de água e diminui ainda mais sua disponibilidade, pelo fato de alterar a qualidade, limitando seu uso em alguns casos e até inviabilizando em outros. Dentre os principais poluentes industriais que alteram a qualidade da água (BRAGA et al.,2005, p.83) estão os efluentes não tratados, também conhecidos como esgoto, termo usado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água como o doméstico, comercial, industrial, agrícola e outros. O esgoto industrial é resultante dos processos industriais e varia quanto à composição de

acordo com o ramo da empresa, as tecnologias empregadas na produção, o tipo e o grau de tratamento adotado, entre outras variáveis.

**Tabela 2:** Demandas hídricas no Brasil

| Unidade/ Região | Urbana ($km^3$/ano) | Irrigação ($km^3$/ano) | Industrial ($km^3$/ano) |
|---|---|---|---|
| **Região Norte** | **0,36** | **0,06** | **0,1** |
| Rondônia | 0,03 | 0 | 0,01 |
| Acre | 0,02 | 0 | 0 |
| Amazonas | 0,1 | 0,01 | 0,03 |
| Roraima | 0,01 | 0 | 0 |
| Pará | 0,19 | 0,05 | 0,06 |
| Amapá | 0,01 | 0 | 0 |
| **Região Nordeste** | **2,06** | **3,91** | **0,55** |
| Maranhão | 0,22 | 0,01 | 0,02 |
| Piauí | 0,12 | 0,09 | 0,01 |
| Ceará | 0,29 | 0,96 | 0,09 |
| Rio Grande do Norte | 0,14 | 0,23 | 0,05 |
| Paraíba | 0,15 | 0,27 | 0,04 |
| Pernambuco | 0,45 | 0,98 | 0,16 |
| Alagoas | 0,11 | 0,18 | 0,04 |
| Sergipe | 0,06 | 0,12 | 0,02 |
| Bahia | 0,52 | 1,07 | 0,12 |
| **Região Sudeste** | **5,17** | **4,29** | **5,56** |
| Minas Gerais | 1,22 | 1,63 | 0,59 |
| Espírito Santo | 0,18 | 0,22 | 0,08 |
| Rio de Janeiro | 1,03 | 0,63 | 0,73 |
| São Paulo | 2,74 | 1,81 | 4,16 |
| **Região Sul** | **1,74** | **7,25** | **1,45** |
| Paraná | 0,7 | 0,28 | 0,35 |
| Santa Catarina | 0,33 | 0,65 | 0,4 |
| Rio Grande do Sul | 0,71 | 6,32 | 0,7 |
| Região Centro-Oeste | 0,59 | 0,45 | 0,14 |
| Mato Grosso do Sul | 0,1 | 0,13 | 0,03 |
| Mato Grosso | 0,08 | 0,03 | 0,02 |
| Goias/Tocantins | 0,28 | 0,25 | 0,06 |
| Distrito Federal | 0,13 | 0,04 | 0,03 |
| **Brasil** | **9,92** | **15,96** | **7,8** |

Fonte: Barth (1987) apud Tundisi (2003)

**Tabela 3:** Consumo de água no Brasil, em $10^6 m^3$ por ano

| Bacia | Humano | Dessedentação | Irrigação | Industrial | Total $10^6 m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Amazonas | 279 | 225,8 | 6.002,40 | 52,3 | 6.559,50 |
| Tocantins | 180,3 | 211,3 | 1.602,60 | 78 | 2.072,20 |
| Atlântico N/NE | 2.105,80 | 277,2 | 4.206,30 | 1.617,70 | 8.207,00 |
| São Francisco | 876,5 | 220,5 | 5.085,60 | 926,5 | 7.109,10 |
| Atlântico leste | 2.705,80 | 13,3 | 380 | 2.506,80 | 5.155,90 |
| Atlântico sul | 664,8 | 204,9 | 9.796,30 | 535,5 | 11.201,40 |
| Paraná | 3.251,80 | 1.379,20 | 7.858,60 | 3.518,60 | 16.008,20 |
| Paraguai | 127,2 | 325,2 | 1.287,00 | 35 | 1.774,40 |
| Uruguai | 249,5 | 282 | 4.942,30 | 12,3 | 5.486,10 |
| Total | 10.440,70 | 3.139,50 | 41.161,10 | 8.832,60 | 63.573,80 |
| **% do Total** | **16,4** | **4,9** | **64,7** | **13,9** | **100** |

Fonte: adaptado Fundação Getúlio Vargas (1998) apud Tundisi (2003)

Alguns fatores, segundo Mierzwa (2002), influenciam na quantidade demandada de água pelo setor industrial. Dentre eles, destacam-se o ramo de atividade da empresa, a capacidade de produção, as condições climáticas da região, a disponibilidade de água, o método produtivo empregado pela indústria bem como a idade dos equipamentos e instalações. As práticas operacionais, a cultura da empresa e da comunidade local, a visão e atitude da empresa referente à inovação, tecnologias, investimentos, pesquisas entre outras atividades, também jogam papel importante.

## 3.4 Importância da conservação de água na indústria

Da mesma forma que em outros setores o setor industrial nunca se preocupou com o adequado e parcimonioso uso da água. Alimentou-se na cultura da disponibilidade ilimitada da água e no seu baixo valor econômico que sequer aquilatava, como hoje ainda é muito difícil de fazer, o quão ambientalmente importante é a água. Exceções podem ser encontradas em segmentos industriais e

em determinadas regiões onde a água constituí um insumo de difícil obtenção ou se incorpora diretamente à produção como matéria-prima.

Hoje a conservação da água ocupa uma nova posição e é reconhecida como necessidade na indústria como um todo, embora a fase de transição de uma para outra cultura possa exigir ainda mais tempo e recursos financeiros, tecnológicos, educacionais e de outras naturezas.

O avanço da tecnologia ambiental vem proporcionando o emprego de técnicas que objetivam a conservação da água. Destacam-se o combate ao desperdício, o uso eficiente e a adoção de fontes alternativas de água. Nesse último caso tem maior expressão na atividade industrial o reúso de efluentes tratados e a captação da água de chuva. A dessalinização da água do mar pode também se enquadrar nessa última modalidade de conservação, embora seu custo ainda seja proibitivo, especialmente na produção industrial, embora a água do mar possa ser usada na sua condição natural em atividades industriais.

Usualmente, a adoção do conceito de substituição de fontes ou fontes alternativas corresponde a usos que não exigem a potabilidade. Tem motivação, na maior parte dos casos, na escassez de água doce própria à potabilização e no preço da água de abastecimento público. É o caso observado, por exemplo, na Região Metropolitana de São Paulo.

Na perspectiva histórica, o estabelecimento de programas de conservação de água teve origem na gestão da demanda do recurso hídrico. Tais programas lançam mão tanto de ações estruturais (construções e intervenções físicas) como não-estruturais (educativas e sistemas de informações) e atuam sobre os usos consuntivos e não-consuntivos.

Entre as ações estruturais tiveram grande desenvolvimento e aplicação as tecnologias adequadas que promovem o uso mais eficiente da água, como a utilização de bacias sanitárias com volume de 6 litros de descarga, torneiras hidromecânicas, torneiras com sensor de presença, válvulas de mictórios com sensor de presença, redutores de pressão para chuveiros e outras.

## 3.5 Fontes alternativas de água na indústria

O conceito de fontes alternativas, ou de substituição de fontes, como também é chamado, corresponde ao aproveitamento de águas de qualidades diversas em substituição à tradicional captação em mananciais naturais. Traz subjacente a noção da amplitude de qualidades, disponibilidades e possibilidades de uso de águas que, até aqui, não eram cogitadas para uso.

É o caso dos esgotos que se constituem em uma nova fonte de água passível de ser reutilizada com ou sem tratamento, dependendo do uso que se pretende dar. Tecnicamente, as águas de esgoto que são reutilizadas são denominadas águas de reúso.

As águas pluviais diretamente captadas logo após a precipitação se constituem em fonte alternativa também importante. Igualmente poderão ser reservadas, e tratadas ou não, para serem aproveitadas em uso determinado. Nesse caso a terminologia correta é “aproveitamento” de águas de chuva ou águas pluviais. O uso do termo reúso nesse caso não tem sentido.

Na maior parte das vezes o reúso e o aproveitamento de águas de chuva são destinados aos chamados usos não potáveis, ou seja, usos que não requerem que a água obedeça aos padrões de potabilidade. O emprego de fontes alternativas na atividade industrial tem grande potencial e vêm crescendo no Brasil.

### 3.5.1 O reúso de água na indústria

No campo da substituição de fontes, há um forte crescimento da prática do reúso de esgotos. Na RMSP, a Sabesp produz água de reúso a partir do esgoto doméstico tratado. A água de reúso é destinada para fins menos exigentes como limpeza de ruas após feiras, regas de jardins, lavagem de veículos, entre outros.

Conforme Giordano (1999), o reúso de efluentes tratados tem sido cada vez mais aceito, no intuito de reverter o quadro geral de escassez de água doce, passando a ser um instrumento adicional na gestão do recurso hídrico na indústria

que além de gerar benefícios econômicos disponibiliza a água com padrão de qualidade superior, para atender a demanda em fins mais exigentes possibilitando também a diminuição das pressões exercidas sobre os mananciais.

Desde que utilizado para fins não-potáveis, o reúso de águas servidas é um poderoso instrumento de conservação dos recursos hídricos. Uma água livre de microrganismos patogênicos poderá ser utilizada de diversas formas, como: limpeza, irrigação de jardins, refrigeração de equipamentos industriais entre outras atividades relativas ao segmento da indústria que reaproveitar seus efluentes.

O reúso indireto não-planejado da água ocorre quando a água é utilizada em alguma atividade antrópica e em seguida é disposta em um curso natural para ser novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não-intencional e não-controlada. Caminhando até o novo ponto de captação, a água está sujeita às ações naturais que ocorrem nos corpos d'água, como a diluição e a autodepuração.

O reúso indireto planejado da água consiste naquele onde os efluentes tratados são lançados de forma planejada nos corpos d'águas para serem utilizados novamente em um posto posterior de captação. É importante que nesta operação seja avaliada a inexistência de um novo ponto de lançamento de efluentes durante o percurso e antes da recoleta.

O reúso direto ou planejado de águas residuais é aquele onde os efluentes tratados são utilizados diretamente após os processos de tratamento. Cabe lembrar que essa forma de reúso, segundo consenso internacionalmente estabelecido, não deve ser usada para fins potáveis.

No setor industrial, o reúso direto é o mais empregado por apresentar maior vantagem econômica, desde que, não gere conflitos referentes à diminuição da vazão no corpo receptor. Esse fenômeno pode ocorrer no caso de indústrias que empregam grandes vazões ou volumes de água que, segundo planejamento estabelecido no plano de bacia hidrográfica, por exemplo, deveria estar sendo lançada em condições adequadas em um curso natural visando manter certo patamar de vazão natural. O reúso, nesse caso, reteria a água em regime de circulação interna no processo industrial sem o lançamento no curso d'água. Trata-se, no entanto, de caso particular cuja freqüência de ocorrência é baixa.

A Figura 1 apresenta dois tipos de efluentes, sanitário e industrial, com suas respectivas formas de reúso. Entre os tipos de reúso para os efluentes domésticos estão a disponibilidade para usos urbanos potáveis e não-potáveis como regas de jardim e lavagens de ruas pós-feiras livres; recreação por meio de esportes como a natação, canoagem e pesca; a aqüicultura; industrial nos processos produtivos ou em outras atividades da indústria como regas de áreas verdes e lavagens de pátios; usos na agricultura como dessedentação de animais, regas de pomares e vinhas entre outras culturas, sendo que, tanto na agricultura como na indústria o reúso poderá ser de efluentes sanitários e industriais tratados.

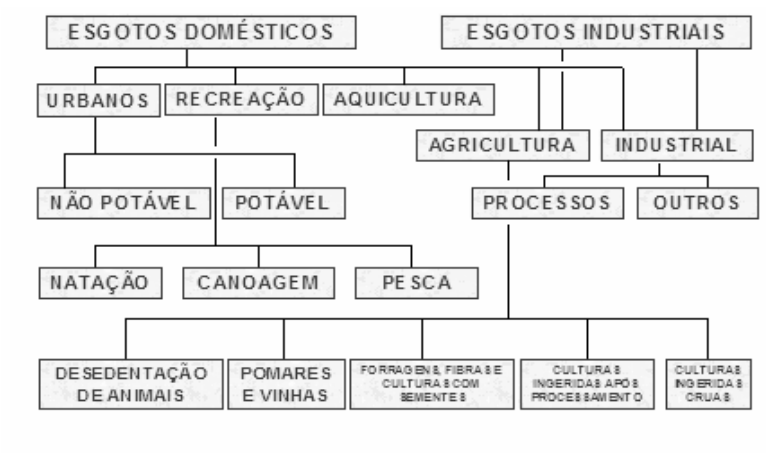



**Figura 1:** Reúso de efluentes domésticos e industriais
Fonte: Hespanhol (1997)

Contudo, os crescentes aumentos do custo da água tratada, bem como os critérios cada vez mais rígidos de descarte de efluentes, também incentivam o reúso da água industrial. Indústrias que não necessitam de água de processo com qualidade potável são as que têm maior potencial para o reaproveitamento.

A título de exemplo, a Tabela 4 traz um resumo do investimento realizado pela companhia Souza Cruz em Uberlândia, Minas Gerais, na implantação do reúso de água, englobando o capital investido, depreciações, energia, mão-de-obra e manutenções, o total e o custo do efluente recuperado para uma vazão de 30

$m^3$/hora utilizando, no tratamento de esgotos, as operações unitárias de filtração e desinfecção com raios ultravioleta do efluente, de acordo com a Lima (2006).

**Tabela 4:** Reúso de efluentes na Companhia Souza Cruz

| | | |
|---|---|---|
| Capital de investimento | 130.000,00 | |
| Depreciação real | 1.547,00 | 7 anos |
| Depreciação legal | 1.083,00 | 10 anos |
| Diferencial de depreciação | 463 | |
| Juros 7% AA | 758 | |
| Energia | 400 | 2000Kw/h x R$0,20 |
| Custos operacionais (funcionários) | 1.000,00 | |
| Custos de manutenção 2% ao ano | 217 | |
| Custos de reposição | 710 | |
| Total de custos mensais | 3.548,00 | |
| Total de efluentes recuperados/mês | 21.600$m^3$ | |
| Custos do $m^3$ de efluentes recuperados | R$ 0,16 | |

Fonte: Adaptado LIMA, (2006)

A Souza Cruz gastava a quantia de R$ 0,80/$m^3$ pela água potável e pela captada de poços artesianos, antes da implantação do reúso de efluentes tratados. Com o emprego da água de reuso, substituindo a água potável captada dos poços artesianos, esse número baixou para R$ 0,16/$m^3$, o que significou uma economia mensal de R$ 13.730,00 já inclusos todos os custos de operação e manutenção. Tendo, portanto, o retorno do investimento em 9,5 meses, além da conservação da água potável do subsolo que deixou de ser captada, conforme Lima (2006).

Segundo Marons (2006), para as indústrias, também há a possibilidade de aquisição de “água de utilidade”. Trata-se de reúso, porém, realizado pelas próprias companhias de saneamento. Nesse caso, o esgoto tratado é distribuído por tubulações, servindo às empresas. Pode ser de grande atrativo financeiro e

ambiental para os diversos agentes envolvidos. Projeto nesse sentido está sendo implantado, mediante contrato entre a Sabesp e as empresas do Pólo Petroquímico de Capuava, que receberá água de reúso por meio de tubulação a ser implantada entre a estação de tratamento de esgotos do ABC e o Pólo.

No que se refere aos processos industriais, há uma enorme diversidade de casos e para cada caso é necessário a elaboração de um diagnóstico hídrico, sendo que, com grande freqüência, observa-se que é possível utilizar águas servidas, semi-tratadas ou mesmo *in natura,* com economia. Porém, um erro seria o uso industrial de água carregada de sólidos para geradores de vapor, onde depósitos e incrustações geram perda de energia e talvez até acidentes, por exemplo. Portanto há necessidade de avaliação prévia de processos industriais e qualidades e quantidades de águas exigíveis o que pode requerer tratamento antes do uso.

Uma das alternativas para o emprego da água de reúso é o abastecimento de torres de resfriamento, contudo existe um interferente, o aspecto microbiológico, cuja maior problemática recai sobre a contaminação das torres de resfriamento; neste caso uma desinfecção na entrada da torre diminuiria a carga microbiológica do efluente tratado. Neste caso são aplicáveis as tecnologias como um filtro de carvão ativado, ozônio, peróxido de hidrogênio ou radiação ultravioleta para desinfecção.

Quando se utiliza uma água de reuso, um dado importante é que o efluente tratado destinado à reutilização somente deverá ser consumido no processo. Se armazenado, deverá ser em reservatório específico, sem nenhuma ligação com a água de abastecimento, no intuito de evitar contaminações cruzadas.

Contudo e de maneira geral, o potencial de reúso de água em indústrias metalúrgicas é bem significativo (MARON, 2006, p.72). A empresa Dana, fabricante de autopeças, implantou um projeto de redução do consumo de água de 36 para 35 $m^3$/hora trabalhada/mês. Foram instalados hidrômetros nos pontos de consumo, com controle diário de consumo, troca de tubulação de alimentação da lavadora de tubulação de 2,5" para ¾" e controle de nível através de bóia; instalação de orifícios calibrados nas torneiras da cozinha e dos vestiários; ligação do escoamento das pias para os vasos sanitários. O resultado foi a redução do consumo de água em 26% e de efluentes em 28% de acordo com Nascimento (2008).

### 3.5.2 Aproveitamento de água de chuva

O aproveitamento de água de chuva surge como outra medida para conservação de água na indústria. Utilizada para uso não-potável é considerada uma medida não-convencional, embora essa prática tenha se disseminado rapidamente em todo o mundo e esteja em franco progresso. Tecnologias e procedimentos vêm sendo estudados, desenvolvidos e aplicados no Brasil, na América do norte, na Europa e na Ásia (ALVES et al., 2008). A utilização de água de chuva colabora com a redução na demanda por água potável podendo reduzir custos com água na indústria. De outra parte, trata-se de medida estrutural que pode , em certa extensão, reduzir também os riscos de inundações quando da ocorrência de chuvas fortes, devido proporcionar detenção por meio de armazenamento realizado em cisternas no próprio local de uso.

Os sistemas mais apurados de aproveitamento de águas de chuva consistem na captação em telhados, seguido de tratamento que varia segundo a qualidade da água captada e o uso que se pretenda dar. Normalmente o tratamento inclui filtração de material grosseiro e de material fino, decantação, flotação e desinfecção. Após o tratamento a água captada segue para armazenamento em reservatórios que poderão ser subterrâneos, apoiados no solo ou elevados. Os sistemas implementados contam com uma alimentação alternativa de água potável ou alguma outra fonte de modo a não ocorrer o desabastecimento do sistema de distribuição por ocasião da estiagem.

Os possíveis usos da água na indústria devem estar sempre correlacionados com a qualidade. Diversos fatores contribuem para definir a qualidade da água captada. Citam-se a superfície utilizada na coleta da água, deposição seca de compostos da atmosfera, adsorção de gases, presença de fezes de pássaros e pequenos animais e outros. Tais características são largamente observadas em diversos contextos de aproveitamento, razão pela qual se recomenda que a primeira chuva seja descartada (FRANCI et al., 2006).

Na indústria, a água de chuva pode ser aproveitada para diversos usos não exigindo, em geral, tratamentos dispendiosos. Entre os usos citam-se o resfriamento

de máquinas, serviços de limpeza, reserva de incêndios, descargas de vasos sanitários, processos e irrigação de áreas verdes e outros usos não-potáveis.

A Figura 2 apresenta os detalhes de um sistema de aproveitamento de água de chuva, inspirado em modelo de fabricantes alemães, onde a água é coletada pela superfície do telhado, armazenada em uma cisterna após passar por um processo de filtragem.

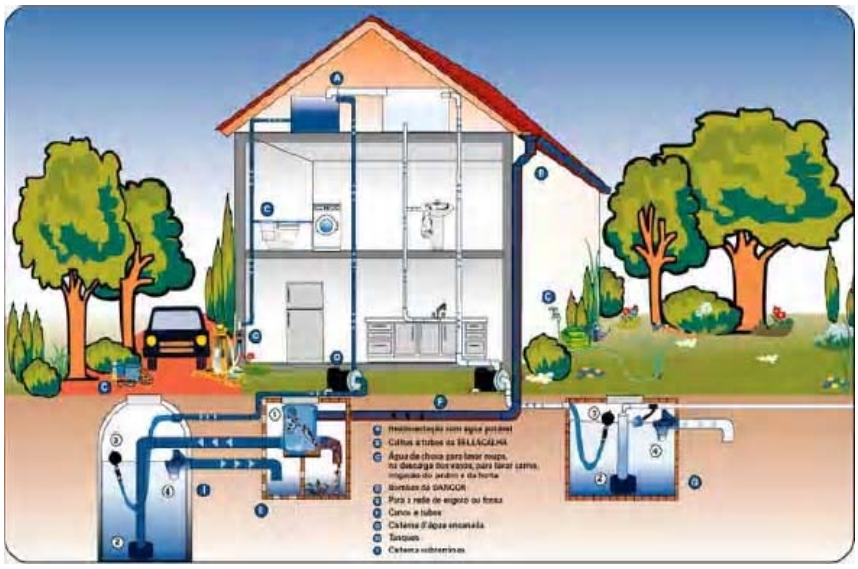


**Figura 2:** Sistema residencial de captação de água de chuva
Fonte: Ecocasa (2007)

A água é coletada pelo telhado e armazenada em uma cisterna de onde é bombeada para um reservatório e, em seguida, distribuída para os vasos sanitários e torneiras do jardim. A água da chuva é armazenada separadamente da água da rede de distribuição.

Alves et al. (2008) apresentam soluções que evitam o bombeamento da água captada, fator chave para a viabilização financeira em residências.

Em áreas industriais com maior território, pode-se aproveitar a água de chuva de forma a colaborar com o meio ambiente e minimizar custos. Nos dias de chuva intensa, as cisternas podem funcionar como "buffers" (áreas de contenção), diminuindo ou até evitando alagamentos e a sobrecarga da rede pluvial.

O sistema com derivação se dá por instalação da derivação na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante. Em muitos casos instala-se um filtro ou tela na derivação. A água que extravasa do reservatório é encaminhada ao sistema de drenagem.

O sistema com volume adicional de retenção consiste em manter o reservatório de armazenamento com um volume adicional, garantindo o suprimento da demanda e a retenção de água com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem. O sistema com infiltração no solo atua quando o volume de água que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração no solo.

Telhados de diferentes materiais podem ser empregados para captação das águas de chuva; vão desde telha cerâmica, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico, ou ainda de concreto armado ou manta asfáltica, podendo ser inclinados, pouco inclinados ou planos. Porém a absorção de água de cada tipo de material interfere na captação e os de menos absorção, ou seja, com menor porosidade, são os mais indicados conforme Franci (2006).

No todo do projeto, o reservatório empregado para armazenar a água de chuva é o componente de maior custo do sistema, portanto, é de extrema importância para que atenda as necessidades dos usuários e que seja compatível ao total pluviométrico e em um custo que não inviabilize o projeto. Deve-se considerar que há uma sazonalidade nas chuvas, com isso nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda e que também, nem sempre será possível armazenar toda a chuva precipitada, por questões físicas e econômicas conforme cita Franci et al. (2006).

Franci (2006) afirma também que para avaliar economicamente a utilização da água de chuva, é necessário determinar o período de retorno dos gastos com a implantação dos sistemas de captação, tratamento e armazenamento, ou seja, determina-se o período de retorno do investimento realizado. É preciso contabilizar os custos de implantação, incluindo material, mão-de-obra e os custos com

despesas de operação e manutenção do sistema, incluindo, dentre outros o custo de energia elétrica para o bombeamento da água. Em contrapartida, contabiliza-se também o benefício gerado pela economia de água potável na edificação. Na indústria, a água de chuva pode ser aproveitada em diversas etapas do processo, cuja análise dependerá dos padrões de qualidade exigida para cada etapa e comparada ao padrão de qualidade encontrado na água de chuva.

### 3.6 Programas de conservação de água aplicáveis à indústria

A Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2004) elaborou o manual de conservação e reúso de água para o setor industrial, mostrando os diversos benefícios para a indústria que reciclar a água e aproveitá-la em suas instalações, sendo estes classificados como:

a) Benefícios ambientais: redução de lançamentos industriais em cursos d'água, possibilitando melhorar a qualidade de águas interiores das regiões mais industrializadas do estado de São Paulo; redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada; aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes;

b) Benefícios econômicos: conformidade ambiental em relação aos padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando maior inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais; mudanças nos padrões de produção e consumo; redução dos custos de produção; aumento da competitividade no setor; habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água;

c) Benefícios sociais: ampliação das oportunidades de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, e em toda a cadeia produtiva; ampliação na geração de empregos diretos e indiretos; melhoria da imagem junto ao setor produtivo e junto à sociedade, com o reconhecimento de empresa socialmente responsáveis.

Em linhas gerais o manual da Fiesp expõe, de maneira simplificada, as etapas de um Plano de Conservação e Reúso de Água.

- Etapa 01: avaliação técnica preliminar, com análise documental e levantamento de campo buscando um plano de setorização do consumo de água;
- Etapa 02: avaliação da demanda de água, com análise de perdas físicas, desperdícios e identificação dos diferentes níveis de água buscando elaborar macro e micro fluxos de água, plano de adequação de equipamentos hidráulicos, plano de adequação de processos e plano de otimização dos sistema hidráulico;
- Etapa 03: avaliação da oferta de água das concessionárias, captação direta, águas pluviais, reúso de efluentes e águas subterrâneas buscando um plano de aplicação de fontes alternativas de água;
- Etapa 04: estudo de viabilidade técnica e econômica, com montagem da matriz de soluções e análise técnica e econômica, buscando o cenário ótimo;
- Etapa 05: detalhamento técnico com especificações e detalhes técnicos, buscando o projeto executivo;
- Etapa 06: sistema de gestão, com plano de monitoramento e consumo de água, plano de capacitação de gestores e usuários, rotinas de manutenção e procedimentos específicos buscando o sistema de gestão da água.

## 3.7 Aspectos legais

Em âmbito federal, a legislação ambiental referente a gerenciamento dos recursos hídricos inicia-se com o Código das Águas (Decreto Lei 24.643/34), dez anos depois de uma denuncia, segundo Penna (1923, apud Bustos, 2003), referindo-se ao descaso por parte dos governantes quanto à qualidade da água no

Brasil. Instituíram-se os primeiros parâmetros referentes à qualidade da água na busca de diminuir a poluição.

Em 1946, a Constituição também passa a legislar sobre a água e também facultou aos Estados esse poder e, foi a Constituição de 1988 que delegou à União a legislação sobre as águas, entretanto, enfocou a questão energética e deixando de lado os outros diversos usos da água (Mariano,1996).

Hoje, a Lei Nacional dos Recursos Hídricos define a Política de Recursos Hídricos no Brasil e criou o Sistema Nacional para o gerenciamento de Recursos Hídricos.

Para Tundisi (2003), o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado e abalizado no fato que a água é parte integral do ecossistema e o binômio qualidade/quantidade são determinantes para a definição de qual a natureza de sua utilização. Cabe ao governo assegurar a conservação e a criação de um gerenciamento integrado de recursos hídricos.

Um passo decisivo para o gerenciamento foi a criação da Agência Nacional das Águas (ANA) que tem como missão enfrentar o aumento nas demandas pelo uso da água e a conseqüente degradação ambiental, buscando um desenvolvimento sustentável, incorporado pelos aspectos econômicos, sociais e ambientais e atuar como um instrumento de proteção e conservação da água, assumindo a articulação entre órgãos públicos, privados e sociedade civil como cita Bustos (2003).

Dentro deste cenário, encontra-se também a Lei Federal Nº 9.433, de 08.01.97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal que, após um longo período de estudos, baseou-se no modelo francês de gestão, o qual estabelece usos prioritários em casos de escassez e em algumas ocasiões prioriza os uso com maiores retornos financeiros (Alves, 2006), que a água é um bem econômico sujeito à cobrança e que os recursos financeiros arrecadados deverão ser utilizados em financiamentos de programas e intervenções para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica de onde a água foi captada, independentemente da finalidade do uso. Mais recentemente, entrou em vigor a Lei 11.445 de, 05 de janeiro de 2007, estabelecendo as diretrizes nacionais para saneamento.

No estado de São Paulo, o decreto 27.576/87 colocou em vigor o Conselho Estadual de Recursos Hídricos que formou o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos objetivando uma articulação política e técnica da administração pública desse recurso natural.

Para atender às peculiaridades do estado de São Paulo entrou em vigor a Política Estadual de Recursos Hídricos Lei Nº 10.881, 09 de junho de 2004, que constitui as Agências de Bacias, ou seja, agências as quais se responsabilizam pelo gerenciamento de uma determinada bacia hidrográfica, devendo atuar como unidade básica de gestão.

### 3.8 A cobrança pelo direito de uso da água

Segundo Tundisi (2003), a água tem valor econômico em todos os seus usos, devendo ser destinada uma quantidade mínima de água ao bem social e econômico. Sua valoração vem sendo estudada e analisada sob a ótica do princípio do poluidor pagador, o qual incentivará a busca de alternativas inovadoras de tratamento, principalmente pelo setor industrial e por outro lado, efetivará o reúso da água para usos industriais, conseqüentemente gerando economias acentuadas nas atividades relacionadas ao uso dos recursos hídricos e aumento no controle sobre a poluição (TUNDISI, 2003, p.167).

Na indústria, quando se analisa economicamente o suprimento de água deve-se considerar desde a retirada de água dos mananciais, a reserva de água de água disponível, o tipo de tratamento requerido, a distribuição de água conforme o uso, a rede de coleta, tratamento, disposição e reúso da água residuária. Em cada uma dessas etapas citadas, há um conjunto de investimentos necessários, como os de infra-estrutura e manutenção no sistema de tratamento, como nas estações de tratamento de água, estações de tratamento de efluentes, equipamentos, insumos entre outros.

A cobrança será efetuada contra aqueles que utilizam os recursos hídricos, por meio de captação direta dos corpos d’água, incluindo em sua atividade econômica, ou daqueles que a utilizam em sua atividade econômica para posteriormente esgotá-

la diretamente no corpo d'água como acontece na maioria das indústrias. Serão dados incentivos adequados ao seu uso eficiente e conseqüentemente, à restrição efetiva ao mau uso, aos despejos e à contaminação dos recursos hídricos conforme a resolução Nº 48, de 21 de março de 2005, que tem por finalidade, estabelecer critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Os órgãos e entidades gestoras de recursos hídricos deverão elaborar estudos técnicos para subsidiar a proposta dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelo Comitê de Bacia Hidrográfica ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos, conforme inciso VI, do art. 38, da Lei n o 9.433, de 1997.

Para a fixação dos valores a serem cobrados das indústrias pelo uso de recursos hídricos, deverá ser observada a natureza do corpo de água, a classe em que estiver enquadrado o corpo de água, a disponibilidade hídrica, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a vazão reservada, captada, extraída, vazão consumida, finalidade a que se destinam, sazonalidade, as características e a vulnerabilidade dos aqüíferos, as características físicas, químicas e biológicas da água, a localização do usuário na bacia, as práticas de racionalização, conservação, recuperação, as condições técnicas econômicas e sociais existentes, a sustentabilidade econômica da cobrança por parte dos segmentos usuários e as práticas de reúso hídrico.

Em São Paulo, foi sancionada, em 29 de dezembro de 2005, a Lei 12.183 que estabelece a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no estado, prevê outras condições para estimular o correto uso e conservação da água.

O Decreto Estadual 50.667, de 30 de março de 2006, regulamenta uma série de dispositivos referentes à cobrança pelo uso da água. Cabe aos comitês de bacias que definirem quais serão os valores da cobrança pelo uso dos rios de domínio estadual e das águas subterrâneas, com base na lei 12.183/05 e em seu decreto de regulamentação. A água na indústria também poderá ser adquirida de concessionárias que no caso Santo André, é a autarquia municipal Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André – Semasa, como na quase totalidade dos municípios da Região Metropolitana de São Paulo, o município de Santo André recebe cerca de 95% de água potável do sistema metropolitano de abastecimento

operado pela Sabesp. O Semasa responde apenas por 5% da captação e tratamento. A reservação e distribuição no município são executadas pela autarquia municipal.

Existem vários exemplos no setor industrial de aquisição de água de outros fornecedores que não as concessionárias de serviços de saneamento, e sim as empresas que distribuem água utilizando caminhões-pipas. Este fato se dá devido ao menor custo por metro cúbico de água oferecida por essas empresas. Além disso, algumas indústrias podem ter sua própria captação de água, devendo adequar a qualidade da água obtida para seus usos.

Quanto ao tratamento dos efluentes, as tarifas de esgoto no setor industrial diferem-se do esgoto doméstico porque apresentam carga de poluentes bem maiores e diferenciadas, podendo apresentar grandes vazões, em muitos casos; assim, a tarifa é negociada entre a indústria e a prestadora do serviço (ALVES et al., 2006).

No Brasil, a outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, trazidos pela Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997 e pela Resolução 48 de 21 de março de 2005, desencadearam aspectos econômicos, que vieram a contribuir ainda mais para que medidas como o reúso tornem-se viáveis. Como no Brasil, a água destinada ao consumo industrial apresenta um elevado custo, o reúso chega como medida de minimização tanto de captação de água *in natura* como de custos financeiros para o setor industrial.

## 4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Por meio de um levantamento de campo pode-se identificar algumas ações de racionalização do uso da água com a análise da demanda requerida e da oferta existente em função das atividades produtivas da indústria objeto de estudo. Além do processo produtivo propriamente dito, também foram analisados os dados relativos à utilização da água pelos funcionários para higiene e alimentação.

Considerando-se a consecução dos objetivos da pesquisa, a metodologia escolhida consistiu em estudo de caso sobre uma indústria metalúrgica. O estudo foi desenvolvido observando a seguinte seqüência de atividades:

- Levantamento do estado da arte do tema utilizando obras de diversos autores, periódicos e Internet;
- Caracterização do objeto de estudo: apresentação da região em que a indústria está localizada e seus processos produtivos;
- Avaliação da demanda de água: identificação de pontos com perdas físicas, por meio de medições pontuais 1 vez ao dia pela indústria de autopeças desse estudo, em etapas críticas do processo (trefila, cromação e pintura), baseada nos ajustes da qualidade indicados pelo laboratório de controle de qualidade, além de medições de vazão na entrada e saída da estação de tratamento de esgoto, por meio de medidor de saída elétrico de sinal contínuo já existentes, também a identificação dos níveis de qualidade pelo laboratório terceirizado já executados pela empresa;
- Avaliação de água utilizada na indústria, nos diferentes setores, por meio de: avaliação dos processos industriais com base em dados disponíveis na literatura; avaliação dos processos industriais com base em documentos disponíveis na própria indústria, como fluxogramas de processo, documentos descritivos, rotinas operacionais etc.;
- Avaliação por meio de visitas de campo, para identificar possíveis melhorias em cada ponto de consumo de água em conjunto com informações de consumo monitoradas pela própria indústria de autopeças;
- Avaliação da oferta de água: concessionárias, captação direta, águas pluviais e reúso de efluentes tratados analisando no local as necessidades de cada uso e consumo, comparando com a oferta existente na região que foi pesquisada, por meio de revisões bibliográficas, visando desenvolver e estratégias de otimização do uso da água;
- Comparação das ofertas estudadas com a demanda requerida: matriz de demanda em cada etapa do processo produtivo da indústria referenciando a quantidade e qualidade requerida, baseadas no levantamento realizado na

avaliação da demanda e da oferta, comparando o consumo e a oferta em relação à qualidade exigida para cada etapa do processo estudado;

- Avaliação dos dados obtidos e descritos na matriz comparativa, selecionado os pontos de maior consumo de água, para identificar as soluções alternativas de conservação de água que melhor se adequar ou não a indústria analisada;
- Estudo e mensuração de toda água utilizada na empresa bem como o total consumido em $m^3$, a qualidade requerida e o custo desse montante;
- Estudo e mensuração, o total de efluente destinado ao ambiente, como uma das alternativas de oferta para esta indústria, que foram observadas por meio de endereços eletrônicos institucionais na internet e históricos da região, como é o caso dos índices pluviométricos;
- Conclusão e análise e indicação das oportunidades anteriormente identificadas e estudadas visando o uso racional para a indústria de autopeças estudada.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DO ESTUDO DE CASO: UMA EMPRESA DE AUTOPEÇAS NA RMSP

A empresa de autopeças objeto deste estudo, é composta por duas plantas produtivas. O processo produtivo de amortecedores está localizado em Mauá e o de sinterizados em Santo André. As duas plantas são separadas pelo córrego Itrapuã e uma avenida. Todo o abastecimento de água e tratamento de efluentes é interligado por tubulações subterrâneas. Para facilitar a menção no texto a seguir, os resultados são apresentados associados às respectivas plantas: de amortecedores e de sinterizados.A pesquisa ocorreu no município de Santo André, estado de São Paulo e as informações foram obtidas pelo sítio[1] institucional do Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André - Semasa na Internet.

[1] Convencionou-se em Portugal e no Brasil designar por “sítio” o endereço de determinada página na Internet. Não totalmente adequada no Brasil, mas aceitável, no julgamento da autora.

Conforme o censo do IBGE de 2000, o município de Santo André possui população de 664.000 habitantes mais da metade de seus 179 $km^2$ encontram-se em áreas de proteção de mananciais. Seus limites abrigam parte das bacias dos rios Grande e Pequeno (formadores da represa Billings) e a outra parte da bacia de abastecimento corresponde ao do Rio Tamanduateí.

O órgão administrativo responsável pelas atividades referentes ao saneamento ambiental no município é o SEMASA, uma autarquia criada em novembro de 1969 como resultado da modernização do antigo departamento de água e esgoto – DAE e atua com aproximadamente 1300 funcionários.

O estabelecimento de um plano de conservação na esfera regional e em adição aos esforços empreendidos pelas concessionárias de saneamento atuantes na região como o SEMASA e a Sabesp, pressionam o setor industrial a colaborar com o processo de racionalização do uso da água.

## 5.1 A indústria de autopeças objeto da pesquisa

A empresa está dividida em duas plantas industriais, empregando atualmente 1546 funcionários, sendo, uma das plantas a unidade de fabricação de amortecedores em Mauá e a segunda a unidade de peças sinterizadas em Santo André consideradas separadas apenas por uma avenida que delimita as duas cidades e pelo córrego Itrapuã que deságua no rio Tamanduatei, entretanto, todo o sistema de abastecimento de água e tratamento de efluentes é operado em conjunto. Toda a água de abastecimento da empresa é obtida por meio de captação em poços artesianos e aquisição de água potável da distribuidora Wisknão se dá quando os ocorre um aumento na demanda.

### 5.1.1 Unidade de amortecedores

A unidade produtora de amortecedores,existe desde 1951 no mercado brasileiro e, a partir dos anos 70, em 98 países dos cinco continentes. Inicialmente

voltada para produtos da linha motores, cujo carro-chefe é o amortecedor e que detém hoje 65% em vendas no mercado brasileiro no segmento de peças para veículos automotores.

O processo produtivo dos amortecedores é composto de etapas que vão desde o trabalho de usinagem aplicado ao aço até o processo de embalagem. E todo o processo acontece em um fluxo contínuo.

O início do processo chamado de trefila de tubos, ou seja, a usinagem de tubos, cujas bobinas de aço passam por um desbobinador para a formação do tubo do amortecedor. Toda a solda é resfriada por água num circuito fechado de reciclo. Posteriormente, os tubos seguem para tratamento químico, com soluções desengraxantes e fosfatadas, a altas temperaturas. Esse tratamento químico consiste no emprego de água; são tanques contendo soluções desengraxantes e água para lavagem dos tubos.

Após o desengraxe é realizada a secagem e estocagem intermediária das peças. Do estoque intermediário, os tubos seguem para a usinagem e, após novo processo de lavagem e secagem, aguardam em estoque o processo de montagem dos amortecedores. Neste processo de lavagem emprega-se água potável proveniente de poços artesianos da própria empresa e que após utilizada é descartada na estação de tratamento de efluentes industriais.

Paralelamente, acontecem as usinagens dos pistões e das hastes. Os pistões são dimensionados e retificados onde há o emprego de água com sistema fechado de reciclo, somente então são usinados e montados junto com a carcaça. Já as hastes são usinadas sem a utilização de água e seguem para a montagem dos amortecedores. A montagem da carcaça vem em seguida, trata-se de uma montagem manual do amortecedor e não se utiliza água nesta operação.

Na pintura, o amortecedor passa por um banho desengraxante e secagem, segue para um banho de fosfato e nova secagem. O processo de pintura propriamente dito inicia-se com a aplicação de um *primer* que é uma base de proteção da peça, antes da aplicação da pintura final. Posteriormente, a peça é transportada para a pintura. Nesta etapa, durante a aplicação do *primer* e da tinta, há o emprego de água potável como cortina antidispersante da solução *primer*, que semanalmente é substituída e a água já utilizada é destinada à estação de

tratamento de efluentes. Este sistema é de reciclo com um reservatório e uma filtração. Após essa etapa a peça segue para um controle de qualidade visual e embalagem. Em 2006 a empresa produziu 6.010.000 peças. O processo pode ser observado conforme a Figura 5; trata-se de um fluxograma identificando cada etapa onde a água é empregada.

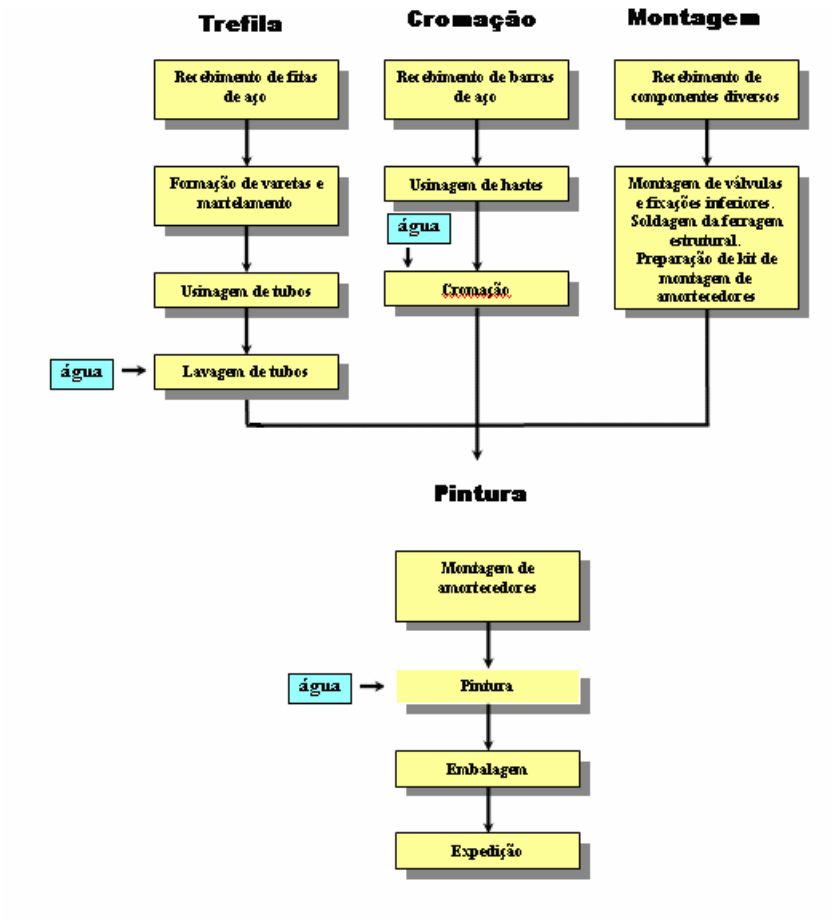



**Figura 3:** Fluxograma simplificado da produção de amortecedores
Fonte: empresa em estudo

### 5.1.2 Unidade de peças sinterizadas

A unidade de sinterizados (metalurgia do pó) produz peças para veículos automotores em um processo de manufatura de peças metálicas ferrosas e não-ferrosas comumente denominada sinterização. Basicamente, uma mistura de pós

metálicos são colocados dentro de moldes para adquirir o formato desejado com posterior aquecimento sob condições controladas, a temperaturas abaixo do ponto de fusão do metal-base da mistura para promover ligação metalúrgica entre as partículas dos diferentes pós metálicos. Esse aquecimento, chamado sinterização, confere à massa de pó aglomerada as propriedades físicas e mecânicas desejadas.

Sinterização é definida como o processo pelo qual agregado de pós compactos ou não, são transformados em corpo sólidos por mecanismos de transporte atômicos difusionais a temperaturas abaixo do ponto de fusão do principal constituinte (LOBERTO, et al, 2009, p 209)

A indústria automobilística é o mais importante mercado para peças sinterizadas metálicas, sendo aproximadamente 75% fabricado mundialmente é aplicada nesse ramo da indústria, além do grande potencial de crescimento que o mercado brasileiro oferece para esta tecnológica (IERVOLINO, 2009, P40).

É comum, entretanto, a ocorrência de outras fases de processo que permitam alcançar valores mais rigorosos de resistência mecânica, tolerância dimensional, acabamento, e, por meio do emprego de vapor de água em contato com as peças na etapa final do processo cuja função é permear os interporos das peças para que o sinterizado adquira a dureza necessária e atenda com qualidade o final para o qual foi produzido.

Dentre as vantagens neste processo segundo a empresa estão:

- A reprodutibilidade e uniformidade das peças;
- Não agressividade ao meio ambiente;
- Baixo índice de refugo, pelo fato de aproveitamento de 97% da matéria-prima (não há geração de cavacos ou arestas);
- Redução do peso na peça;
- Possibilidade de obtenção de ligas que não podem ser fabricadas por processos metalúrgicos convencionais de fusão;
- Propriedades físicas únicas, podem ser fabricadas peças altamente porosas para filtros ou com o mínimo de porosidade, com elevada resistência mecânica;

- Podem ser feitas em camadas de modo a obter propriedades individuais em cada superfície.

A unidade de sinterizados produz peças estruturais para as principais montadoras do País, como engrenagens, rotores de bomba de água e óleo, anéis sensores de freio e velocidade, cubos e anéis de sincronização, além de componentes para os amortecedores. Responde por 26% das 17 mil toneladas de peças sinterizadas consumidas no Brasil, sendo o segundo maior fabricante de produtos sinterizados instalado no País (cerca de 4,5 mil toneladas de produto por ano). Em 2006, a empresa produziu 5306 toneladas.

Para a indústria estudada, o processo de produção de peças sinterizadas conta com 5 etapas de operações básicas que consistem em mistura, compactação, sinterização, calibração e operações secundárias.

A primeira fase do processo é a mistura, onde se determina a composição química do material sinterizado. A empresa em estudo produz ferro e aço sinterizados, portanto, o principal elemento da mistura é o ferro. Adições de elementos de liga como Ni, Cu, C, MnS, FeP são feitas em função do material. A mistura é compactada o mais próximo possível das dimensões finais da peça que possui resistência mecânica suficiente apenas para seu manuseio até a sinterização. A sinterização é feita sob atmosfera controlada nos fornos de sinterização, em geral a base de nitrogênio, para evitar oxidação da peça e reduzir eventuais óxidos que possam prejudicar a eficiência de sinterização.

Após o aquecimento necessário das peças, para que a sinterização aconteça, uma etapa de resfriamento é empregada, onde uma torre de resfriamento abastece com água uma camisa nos fornos de sinterização para que as peças o deixem em temperatura ambiente. Essa água da camisa absorve o calor das peças que são transportadas por uma esteira durante todo o processo de resfriamento. A água aquecida retorna a torre de resfriamento, que opera com um sistema interno de cascata, para perder calor; contudo, nesse processo de resfriamento, há perda de água por evaporação tanto na absorção de calor como na cascata das torres.

O objetivo da calibração é de conformar plasticamente a peça sinterizada de modo a obter melhores tolerâncias dimensionais, compensando as variações e

distorções que ocorrem na sinterização, além de aumentar a resistência mecânica das peças.

Após a sinterização, as peças podem ser submetidas aos processos de fabricação tradicionais, como usinagem, retificação, rebarbação, tratamentos térmicos e termoquímicos etc.

Todo o processo de sinterização está apresentado na Figura 4; trata-se de um fluxo que se inicia na mistura da matéria-prima até os fornos de ferroxidação, passando pelas etapas intermediárias.

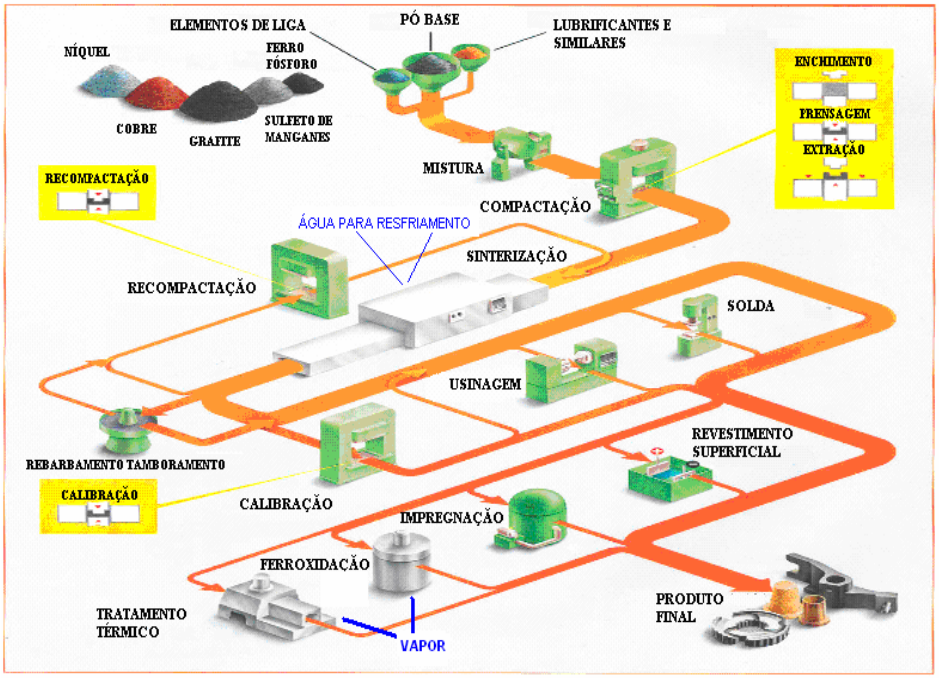



**Figura 4:** Ilustração do processo produtivo de sinterizados
Fonte: indústria objeto do estudo (2006)

Durante a produção da peça sinterizada, o emprego da água no processo se dá por meio da utilização do vapor em um tratamento térmico de ferroxidação, onde as propriedades físicas das peças de ferro sinterizadas podem ser melhoradas. O vapor é aplicado sobre as peças e é empregado para envolver uma camada superficial e interporos de óxido aderente e isto faz com que a peça adquirida a resistência à ferrugem e torne-se apta para poder ser utilizada por um veículo automotor. Esta etapa caracteriza o maior consumo de água do processo, pois todo o vapor empregado não é dimensionado pela produtividade e sim os fornos operam

constantemente na capacidade máxima, sendo que não há um sistema de recirculação desse vapor, que condensado posteriormente se perde, já que carrega partículas metálicas residuais do processo; contudo, esse vapor é gerado com água de potável que passa por um tratamento para diminuição de sólidos dissolvidos.

## 5.2 Abastecimento de água e tratamento do efluente

Todo o sistema de abastecimento de água se dá por captação direta de poços artesianos, sendo quatro poços outorgados denominados P10, P11, P12 e P05; toda a água captada desses poços é armazenada em reservatórios que alimentam os diversos processos da empresa.

O volume de água potável captado nos poços artesianos não supre a demanda de água da planta industrial, havendo a necessidade de complementação com aquisição de água potável da distribuidora Wisknão, localizada em Santo André que chega à empresa por meio de caminhões-pipa e é descarregada em um reservatório que também recebe a água dos poços artesianos, o qual é controlado a cada aquisição pelo Departamento de Meio Ambiente da empresa.

A água adquirida da distribuidora auxilia no abastecimento da fábrica de sinterizados e abastece completamente uma região central da planta. Já para a fábrica de amortecedores, restaurantes e sanitários a água dos poços tem atendido a demanda.

O efluente sanitário da empresa é proveniente das áreas comuns da empresa (sanitários, refeitórios e cozinha) e os efluentes industriais são gerados pelos banhos na primeira etapa do processo, ou seja, a trefila e pela água utilizada como antidispersante de tinta na etapa de pintura dos amortecedores.

Os efluentes industriais e domésticos são tratados separadamente. Todo o efluente tratado tem como corpo receptor o córrego Itrapuã classificado como classe IV e que deságua no rio Tamanduateí.

A qualidade dos esgotos, tanto na entrada como na saída da estação é monitorada mensalmente por laboratório terceirizado e tem como parâmetros de avaliação dos efluentes industriais: cromo hexavalente, cromo, zinco, ferro

dissolvido, sulfato, manganês, nitrito, cobre, cádmio, chumbo, selênio, estanho, fluoreto, mercúrio, níquel, prata, cianeto, índice de fenóis, arsênio, sulfeto, óleos e graxas minerais, óleos e graxas vegetais e animais, demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio e pH (entrada do efluente). Nos efluentes sanitários são avaliados os mesmos parâmetros medidos no efluente industrial acrescentando ferro dissolvido, sulfato, manganês e nitrito.

O processo de tratamento de esgotos sanitários inicia-se com a entrada do esgoto bruto, passando pelo gradeamento e em seguida entrando no reator biológico aeróbio cujo sistema é de lodo ativado. Depois da saída do reator biológico, o efluente passa por aeradores, um decantador lamelar e em seguida um decantador secundário. O lodo extraído passa por um adensador e um filtro prensa, para que posteriormente seja encaminhado ao aterro. Já a parte líquida do efluente, armazenada em um tanque-pulmão, é filtrada em brita e areia e disponibilizado no corpo hídrico, conforme representação na Figura 6.

A estação de tratamento de efluente sanitário apresenta um reator anaeróbio, segue por um reator aeróbio e com decantador lamelar. O volume de tratamento: 4000 $m^3$/ mês e o volume de projeto: 8.100 $m^3$/mês. O tempo de detenção médio é de 7,2 horas. O único produto químico empregado é o hipoclorito de sódio.

A estação de tratamento de efluentes industriais tem dois tipos de tratamento, o contínuo e o por batelada. No tratamento do efluente do processo contínuo (ácidos e alcalinos), existe um decantador lamelar para retenção de sólidos provenientes da floculação e no processo de tratamento do efluente da cromação (hexavalente) é realizado por batelada em duas fases: água tratada e lodo (cromo total) retirado no fundo do tanque de tratamento. O volume de tratamento em outubro de 2008 foi de 3500 $m^3$/ mês e o volume de projeto da estação é de 10.000 $m^3$/mês. No tratamento contínuo o tempo de detenção é de 20 minutos e no tratamento por batelada é de 45 minutos (cromo). Nos tratamentos são utilizados: ácido clorídrico, soda cáustica, cal, metabissulfito de sódio e polieletrólito aniônico.

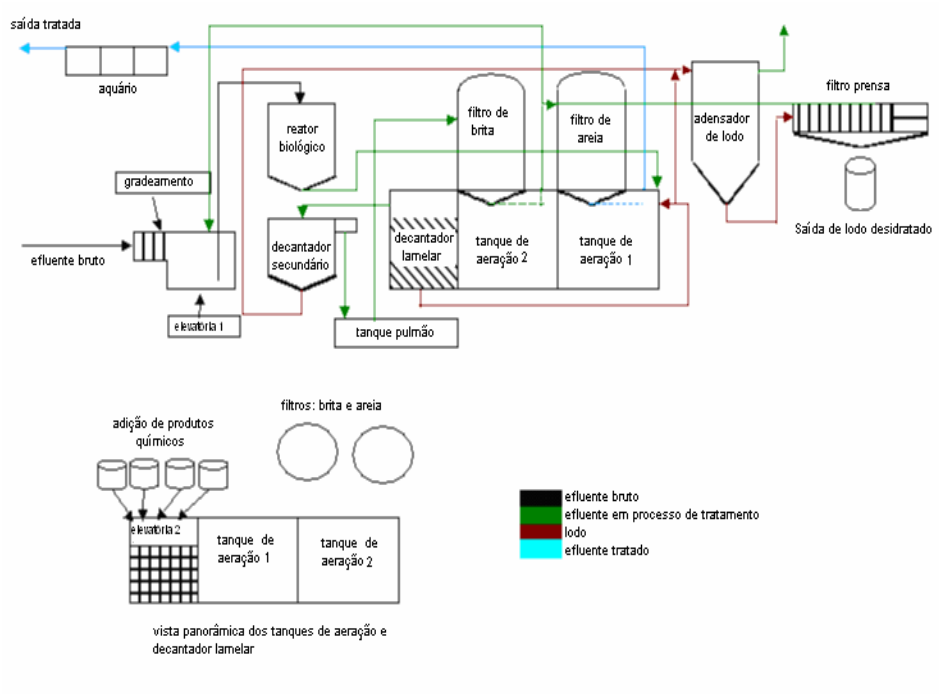



**Figura 5:** Estação de tratamento de efluentes
Fonte: institucional da indústria em estudo (2006)

## 5.3 Demandas de água na indústria estudada

A identificação da demanda da água foi realizada por meio de acompanhamento diário de cada ponto de consumo, por meio de hidrômetros e estimativas para os pontos onde não há hidrômetros para medição, sendo que todos os resultados foram coletados uma vez ao dia e registrados em formulários específicos pela própria indústria e todo o levantamento de dados foi realizado no ano de 2006.

Na planta de amortecedores os pontos monitorados foram: trefila, cujo monitoramento e registro de dados é realizado pelo laboratório químico do controle de qualidade analisa a condutividade da água dos banhos e por indica a necessidade de reposição de água, essa reposição é reportada para o formulário de consumo de água dessa etapa do processo.

Os pontos de elmactron, cromação 1 e 2, pintura e desplacamento tem a reposição de água avaliada pelos operadores e está baseada no nível do reservatório sendo posteriormente reportada ao laboratório de controle de qualidade.

Os pontos de entrada e saída da ETE são medidos por meio de sensores eletrônicos de água e a avaliação analisada com o auxílio de planilhas e gráficos da própria empresa.

*Boilers* e torre de resfriamento também foram avaliados pela própria empresa e incluem tanto os empregados no processo produtivo de sinterizados como amortecedores. Os resultados desses monitoramentos realizados foram tabelados de forma a simplificar o entendimento de cada ponto de demanda e o respectivo consumo, sendo os resultados obtidos separados nos dois processos produtivos da empresa, amortecedores e sinterizados. As despesas com água potável das duas unidades também foram tabeladas individualmente para os dois processos.

Os usos que não são industriais foram identificados e inseridos em uma tabela única, como não há uma forma de medição de água destinada à cozinha, refeitórios, vasos sanitários, torneiras, chuveiros e mictórios, houve a necessidade de verificação *in loco* de todos os pontos de uso de água, indo ponto a ponto e identificando a utilização e se o ponto está em uso ou fora de uso, para que o consumo pudesse ser estimado e encontrada a demanda total, a qual foi subtraída da demanda dos processo, de modo a ser conhecido o valor estimado de usos de água para as atividades gerais.

A maior demanda de água potável no processo de fabricação de amortecedores acontece no processo produtivo nas etapas de trefila, elmactron, cromação 1 e 2 e pintura.

Em todas essas etapas se faz uso de água com a necessidade de reabastecimento por meio de baldes de 20 L ou marcações nos tanques, pois, existem perdas por evaporação e arraste que acontecem quando as peças deixam os banhos. O laboratório de controle de qualidade realiza coletas diárias rotineiras para análise da qualidade da água em cada etapa do processo e indica aos operadores a necessidade e quantidade de água ou soluto a ser adicionado para que se tenha a qualidade requerida em cada etapa. A Tabela 5 e o Gráfico 7 apresentam a demanda de água no setor de amortecedores, com base na reposição

de água e de acordo com cada etapa do processo. Os relatórios desse monitoramento foram disponibilizados pelo departamento de Controle de Qualidade.

**Tabela 5:** Demanda de água em $m^3$ – amortecedores

| mês | Trefila | Elmactron | Cromação1 | Pintura | Desplacamento | Cromação2 | total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| jan | 2205 | 177 | 1712 | 1563 | 95 | * | 5752 |
| fev | 1767 | 167 | 1564 | 1689 | 73 | * | 5260 |
| mar | 1545 | 171 | 1915 | 2263 | 91 | * | 5985 |
| abr | 1275 | 158 | 712 | 1754 | 116 | * | 4015 |
| mai | 1451 | 205 | 710 | 1923 | 116 | 476 | 4881 |
| jun | 1129 | 169 | 420 | 1684 | 90 | 234 | 3726 |
| jul | 1107 | 216 | 417 | 1421 | 75 | 297 | 3533 |
| ago | 1043 | 196 | 323 | 1290 | 95 | 323 | 3270 |
| set | 1127 | 208 | 424 | 1587 | 69 | 328 | 3743 |
| out | 1340 | 240 | 639 | 1976 | 86 | 263 | 4544 |
| nov | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 3250 |
| dez | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 3536 |
| **Total** | **13989** | **1907** | **15896** | **17150** | **906** | **1921** | **51495** |

sistema inoperante ** dados não-coletados

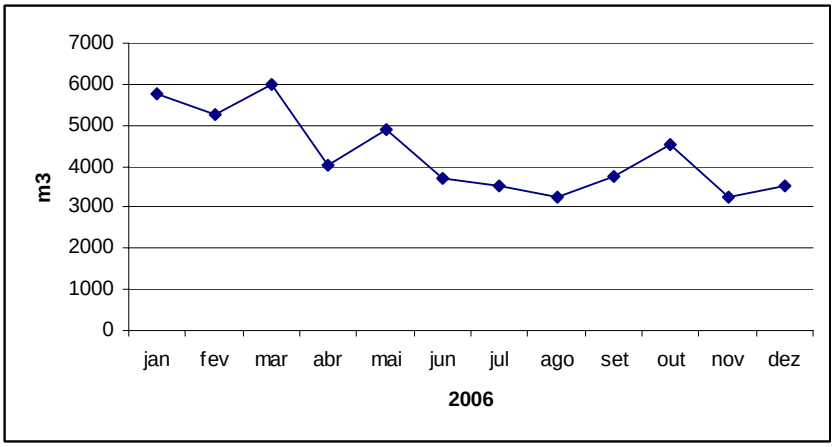



**Figura 6:** Demanda de água na fabricação de amortecedores

A qualidade da água no processo de trefila, é monitorada pelo laboratório de controle de qualidade cujas concentrações das soluções são avaliadas por meio de análises de condutividade que indicam a necessidade de trocas das soluções e/ou

acertos com acréscimos de água, sendo considerada a condutividade máxima permissível de 800 µS/cm.

“A condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água” (Sabesp, 2006). No caso da indústria em estudo, a solução é substituída quando apresentar resultado de condutividade maior que 800µS/cm, pois entende-de que o poder desengraxante da solução foi perdido, devido a alta concentração de sólidos indicados pela condutividade acima dos 800µS/cm e o pH também é controlado para que se mantenha entre 6,0 a 8,0.

No que se refere às perdas físicas, constata-se que nas etapas de trefilação dos tubos existe perda de água que se dá pela evaporação devido a altas temperaturas dos banhos e arraste de água pelos tubos quando os deixam, além das trocas semanais necessárias dessas soluções desengraxantes que tem como destino a estação de tratamento de efluentes industriais.

A água também é empregada na produção de amortecedores alimentando *boilers* e torres de resfriamento (1, 2 e 3). As estimativas dos volumes de água demandadas nestes empregos são com base na média realizada em medições dos volumes utilizados nos pontos de reabastecimento de boilers e torres (1 e 2), esse reabastecimento é realizado por meio de baldes de 20 litros e com isso mede-se a quantidade empregada na reposição de água que é quantificada pela empresa responsável pelo tratamento desse tipo de água, e realizada uma vez ao dia durante um período de 12 meses e sintetizadas na Tabela 6.

**Tabela 6:** Consumo - amortecedores, ano de 2006

| Local | Consumo médio ($m^3$) |
|---|---|
| Boilers | 185,4 |
| Torre de resfriamento 1 | 300 |
| Torre de resfriamento 2 | 300 |
| Torre de resfriamento 3 | 300 |
| **Total** | **1.085,4** |

Na fábrica de sinterizados, a principal demanda pela água empregada nos fornos de sinterização é reaproveitada num processo cíclico, entretanto há necessidade de reposição dessa água na torre de resfriamento.

Os fornos de ferroxidação operam com o uso de vapor, entretanto, esse entra em contato com as peças, há perda dessa água, sendo que parte é incorpora nas peças fazendo com que as mesmas ganhem massa e parte é dispersa no ambiente.

A Tabela 7 apresenta mês a mês no ano de 2006 essa necessidade de reposição da água nesta etapa do processo de sinterizados, descrevendo o consumo distribuído entre os boilers e torres, monitorados e indicados pela empresa terceirizada responsável pela qualidade de água, sendo na última coluna a soma desses valores, neste ponto a água de reposição é medida em baldes de 20 litros. A Figura 8 apresenta graficamente esses números no decorrer do ano de 2006.

**Tabela 7:** Consumo de água em $m^3$/mês –sinterizados

| 2006 | Boilers | Torres | Total |
|---|---|---|---|
| Jan | 343,8 | 2.019,00 | 2.362,80 |
| Fev | 408,9 | 1.854,00 | 2.262,90 |
| Mar | 295,5 | 1.680,00 | 1.975,50 |
| Abr | 400,4 | 783,5 | 1.183,90 |
| Mai | 397,9 | 638,3 | 1.036,20 |
| Jun | 289,2 | 570,1 | 859,3 |
| Jul | 287,2 | 477,5 | 764,7 |
| Ago | 360,6 | 438,1 | 798,7 |
| Set | 402 | 398 | 800 |
| Out | 214,6 | 485 | 699,6 |
| Nov | 318,2 | 636 | 954,2 |
| Dez | 337,5 | 755,5 | 1.093,00 |
| **Ano** | **4.055,80** | **10.735,00** | **14.790,80** |

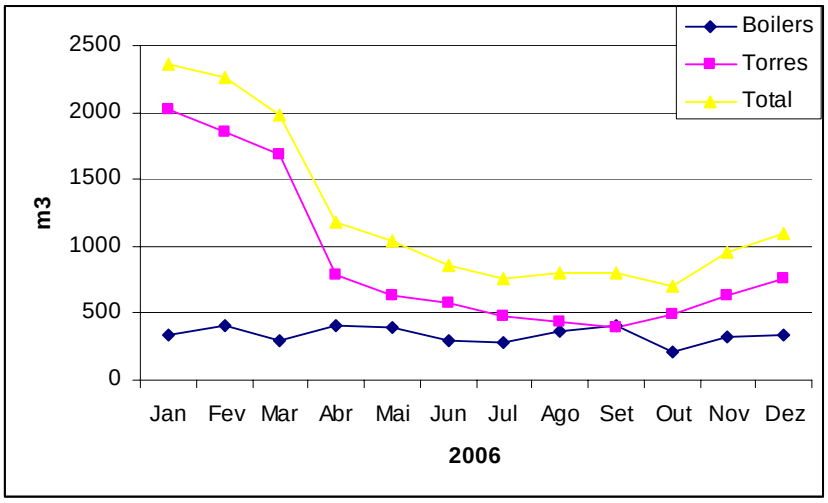



**Figura 7:** Consumo no processo produtivo de sinterizados

5.6 Consumo de água potável

Os dados da Tabela 8 e a Figura 9 fornecem todos os números resultantes de medições relacionados à entrada de água na unidade de amortecedores que subseqüentemente é distribuído para atendimento dos usos já mencionados nesta planta de fabricação, dados fornecidos pelo departamento de gestão ambiental e segurança do trabalho da empresa.

Quanto aos dados apresentados na Tabela 9 e Figura 10, estes fornecem todos os números resultantes de medições relacionados ao volume de água que entra na unidade de Santo André que, subsequentemente, é distribuída para atendimento dos usos já mencionados nesta planta de fabricação.

Todos os dados foram baseados nas faturas pagas pela água adquirida da distribuidora Wisknão e também da quantidade de água captada dos poços artesianos da empresa. As informações foram disponibilizadas pela empresa durante o ano de 2006.

**Tabela 8:** Usos de água – amortecedores

| Água potável/m$^3$ | | | |
|---|---|---|---|
| **2006** | **Poços** | **Caminhões** | **Total** |
| jan | 15.768,41 | 0 | 15.768,41 |
| fev | 12.942,30 | 0 | 12.942,30 |
| mar | 10.861,42 | 0 | 10.861,42 |
| abr | 10.489,80 | 0 | 10.489,80 |
| mai | 10.110,79 | 238,21 | 10.349,00 |
| jun | 12.590,50 | 0 | 12.590,50 |
| jul | 13.134,90 | 0 | 13.134,90 |
| ago | 11.005,70 | 0 | 11.005,70 |
| set | 11.870,90 | 0 | 11.870,90 |
| out | 14.326,40 | 0 | 14.326,40 |
| nov | 13.059,70 | 0 | 13.059,70 |
| dez | 12.858,70 | 0 | 12.858,70 |
| **ANO** | **149.019,52** | **238,21** | **149.257,73** |

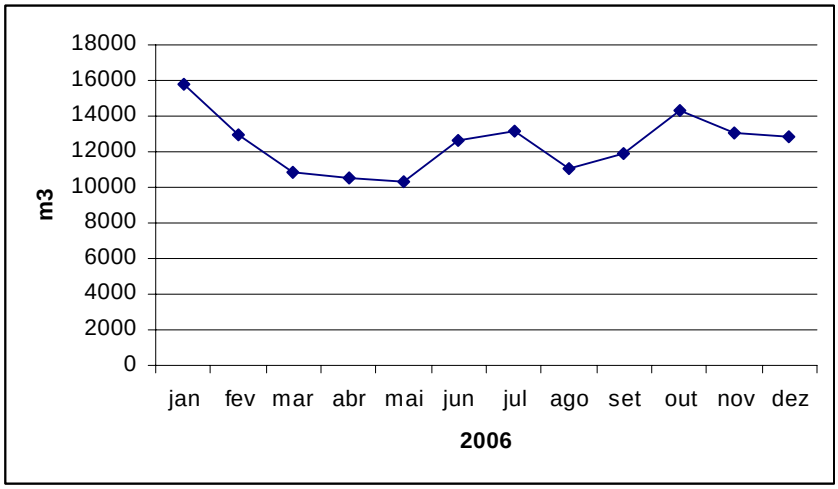



**Figura 8:** Consumo de água potável – amortecedores

**Tabela 9:** Origem de água potável em $m^3$ – Sinterizados

| 2006 | Poços | Caminhões | Total |
|---|---|---|---|
| jan | 3.874,51 | 2.180,00 | 6.054,51 |
| fev | 2.090,96 | 3.990,04 | 6.081,00 |
| mar | 2.529,38 | 2.624,00 | 5.153,38 |
| abr | 4.253,80 | 0 | 4.253,80 |
| mai | 4.662,90 | 0 | 4.662,90 |
| jun | 3.728,51 | 714,69 | 4.442,20 |
| jul | 3.459,70 | 0 | 3.459,70 |
| ago | 3.632,40 | 197,2 | 3.829,60 |
| set | 3.223,10 | 0 | 3.223,10 |
| out | 3.552,60 | 58,91 | 3.611,51 |
| nov | 3.331,30 | 0 | 3.331,30 |
| dez | 3.307,90 | 138,03 | 3.445,93 |
| **ANO** | **41.647,06** | **9.902,87** | **51.548,93** |

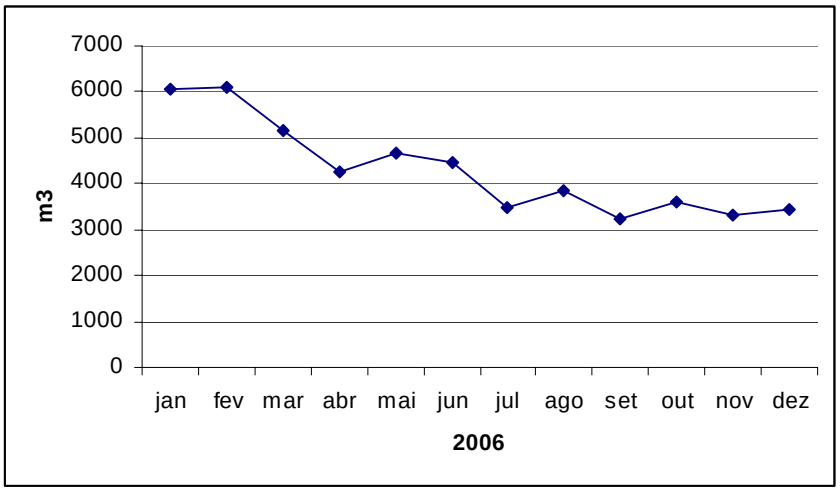



**Figura 9:** Demanda de água potável – sinterizados

## 5.7 Usos não-industriais

Na fábrica de amortecedores e sinterizados existem pontos que são de uso comum para todos os funcionários, como o refeitório, cujo piso do é lavado três vezes ao dia, ou seja, uma vez a cada turno, durante os sete dias da semana. Visivelmente, o consumo de água desta atividade é alto. A área dos refeitórios e cozinha totaliza 1.340 metros quadrados; considerando-se que cada metro quadrado consome 3 litros de água na lavagem, o total diário gasto somente nesta tarefa equivale a 12 mil litros, sendo que, mensalmente o total estimado de água requerida para lavagens dos pisos é de 360 $m^3$. Parte da água utilizada nas lavagens dos pisos é destinada ao tratamento de efluentes sanitário por meio de um sistema de captação com grelhas e tubulações. A outra parte fica dispersa pelo piso interno e externo até evaporar-se, onde visivelmente se observa uma perda de água.

Na cozinha industrial, o preparo das refeições aos funcionários da empresa é terceirizado pela L'Allegro Restaurante Ltda., sendo a cozinha e um restaurante situado na planta de Mauá e um restaurante na planta de Santo André. A empresa fornece o total de 46.400 refeições ao mês distribuídas, três vezes ao dia, durante os sete dias da semana. Nesta etapa é visivelmente detectada uma grande quantidade de água consumida, porém, não há controle da quantidade real utilizada, por falta de equipamento medidor da vazão de água de entrada.

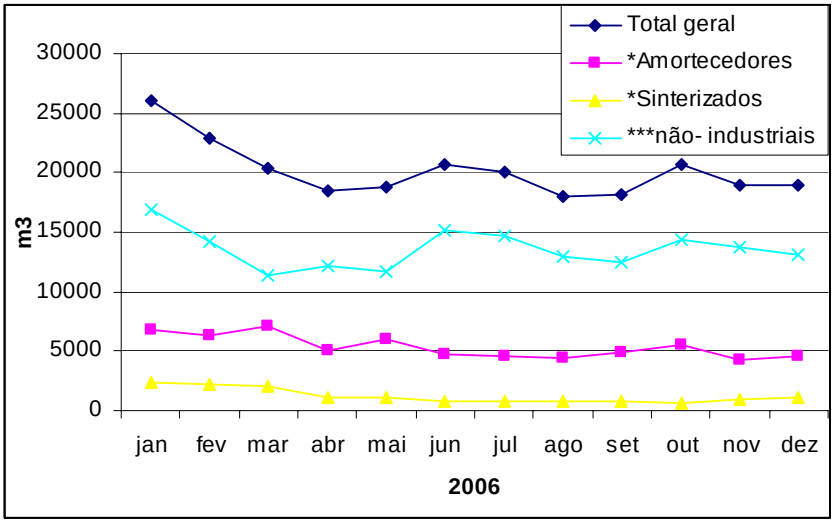
Outro ponto de uso comum na empresa são os vestiários. No total estão disponíveis e em uso na empresa 219 vasos sanitários, 110 mictórios, 87 chuveiros e 196 torneiras, utilizados por 1546 funcionários sendo 106 mulheres e 1440 homens.

No que se refere às perdas físicas, não foi possível quantificar, por falta do equipamento medidor de vazão na entrada do setor. Também pode ser observada a existência de um sistema de tubulação antigo, vasos sanitários com válvulas hidras e torneiras mecânicas sem dosadores. Atualmente, a empresa está investindo em novos vestiários dispostos de vasos sanitários com caixas acopladas e torneiras com vazão controlada. Na Tabela 10 e Figura 11 é possível visualizar toda a utilização de água pela empresa em usos industriais e não-industriais, os números foram

concluídos baseados na soma das tabelas de consumo apresentadas para cada setor.

**Tabela 10:** Demanda de água por setores em $m^3$

| 2006 | Total geral | *Amortecedores | *Sinterizados | **não- industriais |
|---|---|---|---|---|
| jan | 26.063,51 | 6.837,40 | 2.362,80 | 16.863,31 |
| fev | 22.873,32 | 6.345,40 | 2.262,90 | 14.265,02 |
| mar | 20.405,69 | 7.070,40 | 1.975,50 | 11.359,79 |
| abr | 18.473,86 | 5.100,40 | 1.183,90 | 12.189,56 |
| mai | 18.745,25 | 5.966,40 | 1.036,20 | 11.742,65 |
| jun | 20.750,14 | 4.811,40 | 859,3 | 15.079,44 |
| jul | 20.050,53 | 4.618,40 | 764,7 | 14.667,43 |
| ago | 18.029,77 | 4.355,40 | 798,7 | 12.875,67 |
| set | 18.153,51 | 4.828,40 | 800 | 12.525,11 |
| out | 20.693,37 | 5.596,40 | 699,6 | 14.397,37 |
| nov | 18.987,54 | 4.335,40 | 954,2 | 13.697,94 |
| dez | 18.887,15 | 4.621,40 | 1.093,00 | 13.169,75 |
| **Ano** | **242.113,64** | **64.486,80** | **14.790,80** | **162.836,04** |
| **% Ano** | **100%** | **26,60%** | **6,10%** | **67, 3%** |




- Processo Produtivo
- ** Usos não industriais: Sanitários/Vestiários, Cozinha/ Refeitórios

**Figura 10:** Demanda geral e por setores

## 5.8 Demanda geral de água na empresa

A água disponibilizada para os diversos usos da empresa em questão é obtida por meio de aquisição em uma distribuidora de água potável denominada Wisknão, que são entregues por meio de caminhões-pipa e estão identificadas nos dados obtidos como fonte os caminhões.

No que diz respeito à identificação, poços refere-se à captação direta realizada pela própria empresa. Abaixo, estão descritos os dados coletados referentes a entrada de água geral (das unidades de sinterizados e amortecedores) e os dados estão apresentados na Tabela 11 e Figura 12, baseados na soma dos dados apresentados para cada etapa e processo da indústria em estudo.

**Tabela 11:** Totais de entrada de água, em $m^3$/mês, de acordo com a origem

| 2006 | Poços | Caminhões | Total |
|---|---|---|---|
| jan | 19.642,92 | 6.420,59 | 26.063,51 |
| fev | 15.033,26 | 7.840,06 | 22.873,22 |
| mar | 13.390,80 | 7.014,89 | 20.405,69 |
| abr | 14.743,60 | 3.730,26 | 18.473,86 |
| mai | 14.773,69 | 3.971,56 | 18.745,25 |
| jun | 16.318,01 | 4.432,13 | 20.750,14 |
| jul | 16.594,60 | 3.455,93 | 20.050,53 |
| ago | 14.638,10 | 3.391,67 | 18.029,77 |
| set | 15.094,00 | 3.059,51 | 18.153,51 |
| out | 17.879,00 | 2.814,37 | 20.693,37 |
| nov | 16.391,00 | 2.596,54 | 18.987,54 |
| dez | 16.166,60 | 2.720,55 | 18.887,15 |
| **ANO** | **190.665,58** | **51.448,06** | **242.113,54** |

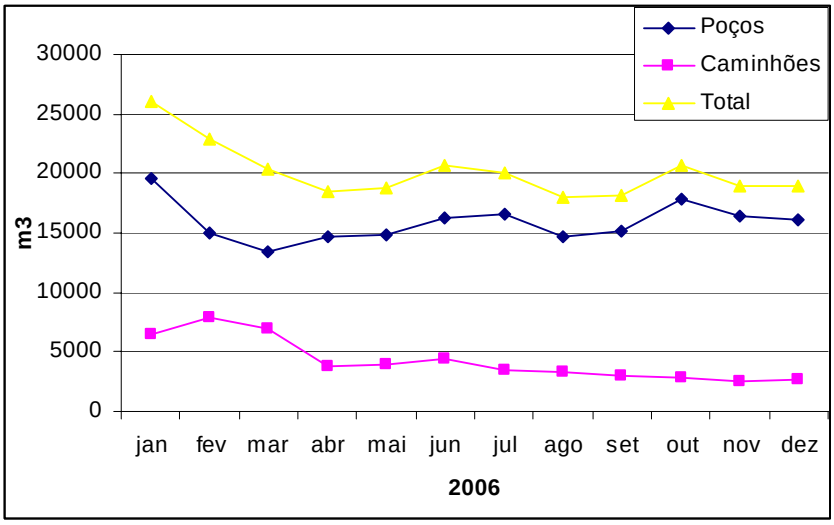



**Figura 11:** Entrada de água na empresa de acordo com a origem

5.9 Controle de qualidade da água utilizada na empresa

Toda a água de entrada na indústria apresenta padrão de potabilidade segundo a Portaria 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde e também passa por tratamento com adição de produtos químicos para controle da alcalinidade, cloretos, condutividade, dureza, teores de ferro e fosfato, pH, sólidos totais dissolvidos, sílica e sulfitos, trabalho realizado pela empresa terceirizada que gerencia a água da fábrica, para atender os boilers e torres de resfriamento, cujos parâmetros têm seus valores máximos mostrados nas Tabelas 12 e 13.

**Tabela 12:** Parâmetros para água das torres

| **Aspectos recomendados** | |
|---|---|
| Aparência | incolor |
| Condutividade | máximo 4000,00 $\mu S$ /cm$^2$ |
| Ferro | máximo 1,00 mg/L |
| Nitrito | 250 a 600,00 mg/L |
| pH | mínimo 8,5 |

Fonte: indústria estudada (2007)

**Tabela 13:** Requisitos para água dos boilers

| Aspectos Recomendados | |
|---|---|
| Alcalinidade parcial | não há limites estipulados |
| Alcalinidade total | máximo 700,00 mg/L |
| Alcalinidade OH | 200,00 a 400,00 mg/L |
| Aparência | incolor |
| Condutividade | máximo 4000,00$\mu S$ /cm$^2$ |
| Cloretos | não há limites estipulados |
| Dureza total | ausência (mg/L $CaCO_3$) |
| Ferro | máximo 0,30 mg/L |
| Fosfato | 5,00 a 15,00 mg/L |
| pH | entre 10,50 a 11,20 |
| Sólidos totais | máximo 3500,00 mg/L |
| Sílica | máximo 150,00 mg/L |
| Sulfito | 20,0 a 40,0 mg/L |

5.10 Características do efluente tratado

Os valores médios dos parâmetros estudados para o efluente tratado da empresa de autopeças objeto deste estudo atende a legislação vigente quanto a qualidade, no ano de 2006 e são eles:

1. Cromo hexavalente < 0,01 mg/L
5. Sulfato 25,9 mg/L
7. Nitrito 2,4 mg/L
13. Fluoreto < 0,5 mg/L
14. Índices de fenóis 0,04 mg/L
2. Cromo < 0,01 mg/L
3. Zinco < 0,01 mg/L
10. Chumbo < 0,01 mg/L
12. Estanho 0,01 mg/L

15. Arsênio < 0,01 mg/L
24. Níquel < 0,01 mg/L
22. pH 6,93
4. Ferro dissolvido 0,053 mg/L
6. Manganês 0,052 mg/L
8. Cobre < 0,005 mg/L
9. Cádmio < 0,001 mg/L
11. Selênio < 0,008 mg/L
16. Sulfeto < 1 mg/L
17. Óleos e graxas minerais 1 mg/L
18. Óleos e graxas minerais 1 mg/L
19. Óleos, graxas vegetais e animais 3 mg/L
20. DBO 13 mg/L
21. DQO 30 mg/L
23. Mercúrio < 0,00005
25. Prata 0,005 mg/L
26. Cianeto < 0,025 mg/L

A quantidade de efluentes tratados, tanto na estação de tratamento industrial como na estação de tratamento sanitário, os dados estão apresentados na Tabela 14 e Figura 13.

**Tabela 14:** Quantidade de efluentes tratados

| **2006** | **Industrial** | **Sanitário** | **Total** |
|---|---|---|---|
| Jan | 5.752,00 | 562 | 6.314,00 |
| Fev | 5.260,00 | 2.599,00 | 7.859,00 |
| Mar | 5.985,00 | 2.063,00 | 8.048,00 |
| Abr | 4.015,00 | 3.507,00 | 7.522,00 |
| Mai | 4.881,00 | 3.532,00 | 8.413,00 |
| Jun | 3.726,00 | 3.272,00 | 6.998,00 |
| Jul | 3.533,00 | 3.162,00 | 6.695,00 |
| Ago | 3.270,00 | 2.810,00 | 6.080,00 |
| Set | 3.743,00 | 2.893,00 | 6.636,00 |
| Out | 4.544,00 | 3.682,00 | 8.226,00 |
| Nov | 3.250,00 | 3.799,00 | 7.049,00 |
| Dez | 3.536,00 | 3.212,00 | 6.748,00 |
| **Ano** | **51.495,00** | **35.093,00** | **86.588,00** |

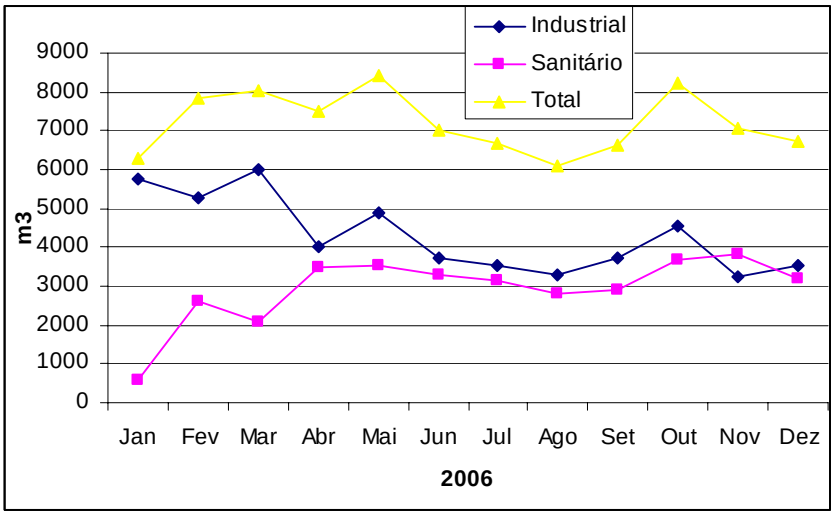



**Figura 12:** Quantidade de efluente tratado

5.11 Resumo do consumo industrial de água na empresa

Durante o ano de 2006 foi possível conhecer toda a quantidade necessária para que a indústria realizasse seus processos produtivos. Baseado em todas as medições realizadas durante o ano de 2006 pela indústria e também empregando a produtividade tida por ela no mesmo ano pode-se elaborar a Tabela 15 que apresenta os gastos de água em $m^3$ de todas as etapas do processo onde a água está envolvida na fábrica de amortecedores e de sinterizados, ordenados do maior consumo para o menor, seguida da qualidade mínima necessária para cada etapa descrita no parâmetro determinante.

Analisando a Tabela 15 que demonstra os dados do processo produtivo dos amortecedores, é possível estabelecer que para a fabricação de uma peça, ou seja de um amortecedor o consumo  total de de água é de 7,8 Litros e no processo de sinterizados são consumidos 2.787,5 litros de água por tonelada de peças produzidas.

**Tabela 15:** Consumo de água ($m^3$), por setores, conforme a qualidade requerida

| Usos | $m^3$ | Consumo | Parâmetro |
|---|---|---|---|
| Pintura | 17.150,00 | 2,8 L/peça | pH (6 - 8) |
| Cromação 1 | 15.896,00 | 2,6 L/peça | pH (6 - 8) |
| Trefila | 13.989,00 | 2,3/peça | condutividade (< 800mS/cm) |
| Torres sinterizados | 10.735,00 | 2023,18 L/tonelada | pH ( mínimo 8,5) |
| | | | condutividade (máx. 4000mS/$cm^2$) |
| | | | nitrito (250 – 600mg/L)34967 |
| *Boilers* sinterizados | 4.055,80 | 764,3 L/tonelada | dureza ausente |
| | | | sólidos totais (máx 3500mg/L) |
| | | | pH (10,5 – 11,2) |
| | | | alcalinidade total (máx. 700mg/L) |
| | | | condutividade (máx. 4000mS/$cm^2$) |
| *Boilers* amortecedores | 185,4 | 0.003 L/peça | dureza ausente |
| | | | sólidos totais (máx 3500mg/L) |
| | | | pH (10,5 – 11,2) |
| | | | alcalinidade total (máx. 700mg/L) |
| | | | condutividade (máx. 4000mS/$cm^2$) |
| Torres amortecedores | 900 | 0,015 L/peça | pH ( mínimo 8,5) |
| | | | condutividade (máx. 4000mS/$cm^2$) |
| | | | nitrito (250 – 600mg/L)34967 |
| Cromação 2 | 1.921,00 | 0,03 L/peça | pH (6 - 8) |
| Elmactron | 1.907,00 | 0,03 L/peça | pH (6 - 8) |
| Desplacamento | 906 | 0,015 L/peça | pH (6 - 8) |

*Determinante para reposição da água nas etapas dos processos

## 5.12 Potencialidade do uso da água de chuva

A utilização de água de chuva vem ganhando espaço para uma série de utilizações quer para uso doméstico como descarga de vasos sanitários ou rega de jardins, como para usos industriais em torres de resfriamento por apresenta baixas concentrações de sólidos totais e dureza segundo Franci et al. (2006). É uma

alternativa que requer um projeto específico para o caso, dimensionamento dos reservatórios e componentes do sistema, considerando a demanda e as características pluviométricas locais.

A região de Santo André tem um bom histórico pluviométrico até o ano de 2004 como é apresentado na Tabela 16. Existe um ponto de medição localizado em Mauá e históricos dos índices de chuvas foram listados desde o ano de 1994 até 2004 onde estão as últimas medições realizadas.

**Tabela 16:** Índices pluviométricos

| Ano | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1994 | 34,5 | 60,5 | 30,9 | 33,8 | 59,7 | 12,3 | 13 | 2,2 | --- | 15,8 | 40,5 | 76 |
| 1995 | 87 | 44,5 | 43,1 | 33,1 | 19,2 | 25,7 | 28,7 | 15 | 27,4 | --- | --- | --- |
| 1996 | 83 | 66,1 | 52 | 49,7 | 34,7 | 38,2 | --- | 10,5 | 34,9 | 64,7 | 61 | 87,5 |
| 1997 | 52,6 | 46,5 | 28,1 | 13,6 | 46,2 | --- | 9,6 | 25,1 | --- | --- | 30,7 | 40 |
| 1998 | 29,6 | 77,5 | 29,3 | 9,8 | 41,4 | 6,9 | 9,6 | 44 | 30,6 | 38,2 | 18,8 | 70,9 |
| 1999 | 56,2 | 103,5 | 40,2 | 54,4 | 29 | 42,4 | 15,7 | 9,2 | 22,2 | 12,7 | 46,3 | 21 |
| 2000 | 95,4 | 63,1 | 48,1 | 3,7 | 26,7 | 14,9 | 20,4 | 10 | 11 | 13 | 13 | 13 |
| 2001 | 49 | 34,5 | 114,7 | 25,6 | 36,5 | 9,7 | 18,8 | 0,1 | --- | 52 | 48,2 | 79,5 |
| 2002 | 56 | 36 | 61,5 | 16,9 | 19,8 | 5,2 | 17,2 | 14,4 | 35,9 | 35,3 | 53 | 150 |
| 2003 | 90 | 67 | 95,5 | 48,2 | 37 | 10 | 35,5 | 18 | 30 | 70,7 | 96,5 | 101 |
| 2004 | 110,9 | 110,6 | 88,6 | 81,5 | 64,1 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Fonte: Departamento de água e energia elétrica, (2004)

Para a captação de água de chuva, foi realizada uma análise das características da área estudada; constataram-se apenas dificuldades em relação à cobertura dos galpões, por serem telhados de fibrocimento em *shad* propiciando o acúmulo de materiais particulados oriundos das atividades de outras indústrias no entorno da empresa estudada, a qualidade da água na região deverá ser melhor estudada bem como um sistema de retirada desses poluentes que serão arrastados do telhado nas primeiras chuvas.

### 5.13 Água de utilidade

A Sabesp fornece água de utilidade, ou seja, efluente tratado em suas estações de tratamento de esgotos que passam por tratamento adicional de forma a adequar a qualidade a determinados usos, a um custo bastante inferior ao da água potável, para que a substitua em fins não tão nobres.

Em agosto de 2002, na estação de tratamento de esgotos ABC, foi inaugurado o Centro de Preservação de Água de Reúso da SABESP. Trata-se de dois reservatórios que tornaram o fornecimento aos municípios do grande ABC mais ágil, por meio de caminhões pipas. A água reutilizável ou subproduto do tratamento de esgoto obedece aos padrões internacionais de qualidade, livre de organismos patogênicos, que normalmente é devolvida aos rios, mas pode ser filtrada para vários tipos de uso e é atualmente uma das alternativas para o serviço público. Dentre as inúmeras vantagens da utilização da água de reúso, destaca-se a economia no valor do custo da água utilizada e a diminuição do volume de água bruta retirada dos mananciais.

Os objetivos da verificação da viabilidade do sistema de abastecimento de água não-potável para o município de Santo André e região é de substituir parte da água potável utilizada nos processos por outra de característica menos nobre, preservando a de melhor qualidade para o consumo doméstico, face à crescente escassez de mananciais potencialmente aproveitáveis que se verificam na RMSP, cujos reflexos se fazem presentes no município; e aumentar a competitividade das empresas do município pela diminuição de seus custos produtivos, através do fornecimento de um insumo (água) mais barato.

## 6. DISCUSSÕES

Considerando-se os elementos do capítulo 5, e realizar o balanço global das águas na indústria, descrever e avaliar alguns pontos onde há possibilidades de

melhorias para o uso da água e para sua conservação, cabem as seguintes propostas de oportunidades:

**a. Utilização de água potável**

Todo o volume utilizado na empresa é de qualidade potável e, por meio deste estudo, observou-se que tal requerimento não é fundamental para que a produção opere sem afetar a qualidade e/ou produtividade, portanto, podem ser aplicadas adequações no uso da água na indústria estudada, etapas como os banhos na trefila onde se faz necessário apenas o controle da condutividade que é corrigida com diluições, ou seja, acrescentando mais água nas soluções. Também o processo de pintura  pois nesta etapa, somente o pH é importante, já que a água é utilizada apenas como uma cortina antidispersante.

**b. Setorização com instalação de hidrômetros**

Uma grande limitação encontrada em relação aos dados obtidos foi a falta de hidrômetros em alguns locais da indústria. Os pontos comuns foram estimados baseados nas diferenças obtidas entre os dados medidos, na maioria deles, com marcações de nível em tanques como na trefila, cujas medições se deram utilizando baldes de 20 litros baseadas nas reposições indicadas pelo laboratório de controle de qualidade da empresa. A reposição de água para as pinturas e *boilers* também foram estimadas utilizando baldes.

Para a melhoria e uso racional da água a sugestão é a aplicação de um plano de setorização, com instalação de hidrômetros consiste em dividir a planta industrial em áreas de acordo com o requisito de qualidade da água exigido. O consumo da água baseado na qualidade requerida em cada área, possibilitará a identificação de vazamentos e desperdícios que, de acordo com o manual de e conservação e reúso de água para a indústria elaborado pela FIESP em 2005, em outras condições, poderiam levar meses e até anos para serem detectados.

### c. Perdas de água no processo

Observou-se, principalmente nas etapas onde há elevado emprego de calor, como os banhos da trefila uma perda de água. A evaporação é constante e não está ligada à produtividade; essa perda acontece independente da quantidade de material em processo. Deveria ser cogitado uma nova tecnologia de ferroxidação, que é uma etapa onde existem perdas de água e a adequação desses processos é importante para um programa de conservação e reúso, principalmente no referente à demanda dos *boilers*.

Os fornos para ferroxidação de peças sinterizadas mantém uma demanda de água fixa, o que requer uma melhor avaliação com o intuito de minimizar o consumo, pois não há dimensionamento de vapor em relação à produção, ou seja, os *boilers* geram a mesma quantidade de vapor sem correlacionamento com o número de peças produzidas. Contudo, a qualidade do produto está diretamente relacionada com esta etapa, o que justifica, um estudo bastante minucioso a este respeito. Os *boilers* consomem a mesma quantidade de água para um número variável de peças que entram nos fornos de ferroxidação, portanto, a adequação do uso da água neste ponto possivelmente geraria uma economia de água.

### d. Reúso de efluentes industriais nas etapas de pintura e cromação1

As etapas de pintura, cromação1 e trefila somaram em 2006 o consumo de 47035m$^3$ de água potável, representando as etapas de maior consumo da empresa, englobando tanto a utilização da água nos banhos desengraxantes e nas cortinas antidispersantes de pigmentos. Uma solução interessante, neste caso, seria a utilização de efluentes tratados considerando que em 2006 a Estação de Tratamento Efluente Industrial tratou o equivalente a 51.495 m$^3$ de efluentes, provando que há oferta de água residuária para atender essa demanda, sem a necessidade do emprego de tecnologias dispendiosas para adequação do efluente tratado, visto que para o fim de antidispersante de pigmentos a qualidade exigida é atendida pelo tratamento do efluente.

**e. Reúso de efluentes sanitários em torres de resfriamento**

As torres consomem cerca de 11.635 $m^3$/ano de água, porém neste caso a qualidade de água requerida é mais exigente, com isso o reaproveitamento de efluentes sanitários (35.093,0 $m^3$/ano) exige o emprego de tecnologias que tornem as adequadas à qualidade requerida e incluam um sistema de desinfecção que pode ser desde radiação UV a tratamentos com ozônio, para evitar a proliferação bacteriana. Contudo, a quantidade gasta para abastecer as torres corresponde a apenas 4,8% do consumo anual total da empresa.

**f. Lavagem de pisos de cozinha e refeitórios**

Outra medida que possibilita um melhor aproveitamento da água consiste na lavagem, três vezes ao dia, dos pisos das cozinhas e refeitórios; neste caso, a utilização de carrinhos tipo mop com solução de detergentes e sanitizantes em um único produto disponível no mercado para fins de limpeza industriais minimiza muito o consumo de água e tem a mesma eficiência para a limpeza dos pisos. Com o uso de carrinhos mops e soluções sanitizantes o consumo de 4.340 $m^3$ anuais passaria a 1.447$m^3$ anuais, o qual pode ser abastecido com efluente industrial tratado.

**g. Melhorias nos usos gerais**

Para contribuir com o uso racional medidas como evitar jatos intensos nas lavagens, podem ser substituídas pela utilização de carrinhos tipo mop ou baldes de água.

Os usos de redutores de pressão também auxiliam na minimização do consumo de água, pois, o tempo de utilização de uma torneira pode ser o mesmo, porém, a vazão se torna menor.

Dispositivos de fechamento automático nas torneiras, principalmente dos vestiários, onde são abertas frequentemente e a substituição dos vasos sanitários com válvulas tradicionais por caixas acopladas, são medidas mais simples e que colaboram com o uso racional da água.

### h. Utilização de água de chuva

Neste caso, o formato em *shad* desfavorece o aproveitamento no processo, pois compromete a limpeza inicial do telhado e fatores como o vento podem comprometer a total lavagem da área de cobertura. Esta etapa requer investimento de tratamento para adequação da qualidade, como por exemplo, um sistema de filtração. Contudo, essa fonte é uma alternativa de melhoria do uso da água para as demais etapas do processo e usos gerais não-potáveis. Neste caso, um estudo sobre a qualidade da água de chuva na região seria fundamental para se conhecer exatamente o potencial de aproveitamento neste caso, mas o principal problema pode estar no escoamento sobre as coberturas.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o estudo realizado na empresa, ficou comprovada a existência de possibilidades de redução do volume de água utilizado. Por meio da identificação das perdas e da avaliação quanto a adoção de fontes alternativas, pode-se estabelecer diretrizes para o aumento da eficiência no uso da água, considerando os usos de maior demanda e/ou as oportunidades de maior facilidade de implantação.

Dentre as possibilidades de se reduzir o volume utilizado atualmente, está a implementação do controle do volume de água, consumido em cada etapa do processo por meio de uso de hidrômetros para que se conheça o real consumo da empresa em todas as etapas produtivas e áreas de uso comum. Ficou demonstrada, entretanto, neste caso, a necessidade da empresa realizar um investimento financeiro tanto na aquisição, como na instalação desses instrumentos. Um plano de setorização com o auxílio desses hidrômetros também é considerado neste caso.

Quanto ao emprego da água nas lavagens de pisos, estas podem ser realizadas com soluções sanitizantes específicas que atuam como detergentes e desinfectantes e para minimizar ainda mais o consumo de água para esse fim, essa atividade pode ser realizada com o empregado de carrinhos tipo *mop*.

A utilização de água de chuva foi considerada entre as alternativas de minimização do consumo de água de potável, contudo necessita de maiores estudos

e detalhamento de qual é a real situação de disponibilidade, qualidade da água pluvial na região e a qualidade após escoamento sobre a cobertura do prédio. A pouca informação, tanto quantitativa como qualitativa, dificultou a elaboração de uma diretriz confiável para o destino da água de chuva na empresa.

A possibilidade de substituição do uso de água potável por fontes alternativas como o reúso de efluentes tratados foi avaliada e é o plano indicado para a indústria, pois há um grande potencial em se utilizar reúso de efluentes tratados nos processos de pintura, trefila, cromação 1, lavagem de chão e torres que são as etapas de maior consumo de água e com baixo requerimento de qualidade.

O emprego de efluente tratado na estação de tratamento de efluentes da própria empresa nos processos de maior demanda de água, pintura e trefila, se justifica não somente pelo aspecto ambiental, mas sim e também, pelo aspecto financeiro. A utilização de uma água já servida permite que se minimize a captação de água potável, privilegiando seu uso para um fim mais nobre.

O volume total de água potável consumido em 2006 chegou a 242.113,64$m^3$, captado nos poços artesianos e adquiridos da distribuidora. Com a pesquisa realizada, pode-se direcionar a indústria para utilização de reúso de efluentes tratados, o que corresponde a substituição de 63.010,00$m^3$/ano, ou seja, cerca de 26% de todo consumo de água potável pode ser conservado e isto equivale a todo o processo produtivo de amortecedores operando com reúso de efluentes tratados.

## REFERÊNCIAS


ALVES, W. C; “notas de aula”, disciplina de Conservação e Tratamento de água, Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006.

ALVES, W. C; ZANELA, L.; SANTOS, M.F.L.; **Tratamento e conservação de água**; São Paulo – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2006.
AZEVEDO NETTO, J. M., Aproveitamento de águas de chuva para abastecimento. **BIO – Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, ano III, n.2, p.44-48, abr./jun. 1991.

BARLOW, M.; CLARKE, T.; **Ouro azul**: como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do nosso planeta. 1 ed. São Paulo: M.Books, 2003.
BARTH, F. T.; Modelos para gerenciamento de recursos hídricos; Nobel/ABRH, 1987, 535p.

BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 305p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.

BRASIL. Decreto Lei 24.643 de 10 de julho de 1934. Código das Águas. Institui o Código de Águas, estabelecendo definições e regras gerais sobre o uso da água no território nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/D24643.htm>. Acesso em: 20.mar.2006.

BRASIL.Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/srh/politica/pnrh.html>. Acesso em: 20 mar 2006.

BRASIL.Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Política Nacional de Saneamento Básico. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 12 mar 2007.

BRASIL.Portaria 518 de , de 25 DE MARÇO DE 2004 Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf>. Acesso em: 15 mar 2006.

BRASIL. Resolução CONAMA n 48, de 21 de março de 2005. Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/_ARQS-Legal/Geral/resolucao>.Acesso em 22.ago.2006.

BRASIL, Resolução n. 49, de 21 de março de 2005. Estabelece as prioridades para aplicação dos recursos provenientes da cobrança pelo uso de recursos hídricos, para o exercício de 2006, e dá outras providências. <Disponível em: http://200.199.240.201/delibera/resolucoes/R049--.pdf> Acesso em: 15 mar 2006.

BRASILIA. Relatório “O Estado Real das Águas do Brasil”; Defensoria da Água, Cáritas e UFRJ, 2003 e 2004.

BUSTOS, M. R. L.; A educação ambiental sob a ótica da gestão de recursos hídricos. Tese_ (doutorado). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, São Paulo: USP. 2003.

CACUPÉ METALÚRGICA. Instruções para instalação. Disponível em: <http://www.bellacalha.com.br/index_bra.html>. Acesso em: 22 de abril de 2006.
CAMARGO, A; et al; **Meio Ambiente Brasil:** avanços e obstáculos pós-Rio-92; São Paulo; FGV; 2002.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tarifas:** como é calculada a tarifa. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/o_que_fazemos/tarifas/default.htm>. Acesso em: 25. jul.2006.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HIDRICOS. **Água, Escassez, Valor Econômico e Externalidades**. Disponível em: www.cnrh-srh.gov.br/artigos/gestao_apa_apam_guedes.htm - 58k. Acesso em 26.jun.2006.
CONSTANZA, R. et al; The value of the world’s ecosystem services and natural capital. Nature, v 387, 1997, p253-260.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Distribuição de água no planeta**. São Paulo. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/distribuicao.htm>. Acesso em 10.jun.2006.

ECOCASA. “Captação de água de chuva” Disponível em: <http://www.ecocasa.com.br/chuva_comofunciona.html > Acesso em 20.jan.2007.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. **Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry**. Washington, Office of Compliance, 196 p., 1996.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO **Conservação e reúso de água:** Manual de Orientações para o Setor Industrial; São Paulo : v1, 2004.

FRANCI, R. G. et al, Projeto PROSAB: Uso racional de água em edificações; Rio de janeiro, ABES, 2006. Disponível em: http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm. Acesso em 02.nov.2007.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS; Plano Nacional de Recursos Hídricos; 1998; 9v.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; Anuário Estatístico do Brasil; 1992; Disponível em: <http://www.brcactaceae.org/hidrografia.html> Acesso em 20.jun.2007.

FREIRE, G.; Ecopercepção: um resumo didático dos desafios ecoambientais; São Paulo: Gávea, 2004. 51p.

GIORDANO, G.; Remoção de Cor em Efluentes Industriais. **Anais…** Rio de Janeiro: 20o. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. v. 1. p. 01-15. CD-ROM.
GONÇALVEZ, V. B. Sistemas de captação de água de chuva. In: CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA – SISTEMAS RESIDENCIAIS, 2001, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2001.

HESPANHOL, I.; Potencial de reúso de água no Brasil. **Engenharia**, São Paulo: Instituto de **Engenharia** de São. Paulo, v. 55, n. **523, 1997**. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/publicacoes_sei/bahia_analise/analise_dados/pdf/recursos_hidricos/pag_411.pdf>. Acesso em 26.jun.2006.

IERVOLINO, F. ; A metalurgia do pó: alternativa econômica com menor impacto ambiental; **Grupo Setorial de Metalurgia do Pó**; São Paulo, 2009.

IPCC, Intergovernamental de Pesquisas de Mudanças Climáticas – Disponível em http://www.ipcc.ch/ acesso 30.nov.2008.

LIMA, E.; Recuperação de efluentes para reúso como água: cases e resultados; **Controle de Contaminação**, São Paulo, n. 83, p.23-28, mar. 2006.

LOBERTO, A. et al; A metalurgia do pó: alternativa econômica com menor impacto ambiental; **Grupo Setorial de Metalurgia do Pó**; São Paulo, 2009.

Indústria objeto de estudo; Institucional; Disponível em internet. Acesso em 26.jun.2006.

MAY, S.; Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação_(mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica, São Paulo: USP. 2004.

MARIANO, M.; Uma analise da participação da sociedade civil na Gestão dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo; Dissertação _ (Mestrado); Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

MARON, R. J.; Reúso de água em indústria metalúrgica rolamenteira; Dissertação_(mestrado). Departamento de Engenharia de Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, São Paulo: USP. 2006.

MIERZWA, J. C.; O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas na indústria – Estudo de caso na Kodak Brasileira; Tese de Doutorado, USP, 2002. PENNA, 1923.

NASCIMENTO, R.; Indústria de papel vence prêmio de reuso de água. **Diário Net**, São Paulo, 19 mar. 2008, Disponível em: <http://invertia.terra.com.br/carbono>. Acesso em 20. mar. 2008.

PIVELI, R. P. e Kato, M. T., Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. São Paulo: ABES, 2006.

PUIGJANER et al.; A software tool for helping in decision-making about water management in bath process industries. **Waste Management**, 20: 645-649. 2000.
ROCHA, G.A.A.; Construção do Sistema Paulista de Recursos Hídricos; Disponível em: <http://www.abrh.org.br> Acessado em 24 de outubro de 2006.

RODRIGUES, S. R.; As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil, proposta para regulamentação do reúso no Brasil. Dissertação_(mestrado). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, São Paulo: USP. 2005.

SANTO ANDRÉ (Cidade). **Dados da cidade.** Disponível em: <http://www.santoandre.sp.gov.br/bn_conteudo.asp?cod=602>. Acesso em: 14.jul.2006.

SÃO PAULO; Lei n. 10.881, 09 de junho de 2004. Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.881.htm>. Acesso em: 20.mar.2006.

SÃO PAULO, Lei n 12.183, de 29 de dezembro de 2005.Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo,os procedimentos para fixação dos seus limites,condicionantes e valores e dá outras providências. Disponível em: http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/copy_of_index_html Acesso em: 20.abr.2007.

SÃO PAULO; Decreto 27.576 de 11 de novembro de 1987. Cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gestão de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/lrh2000/ Acesso em: 20.mar.2006.

SÃO PAULO, Decreto n. 50.667, de 30 de março de 2006. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Disponível em: www.ana.gov.br/.../SP/Decreto%2050667%20-%2031Mar06%20-%20Regulamentacao%Acesso em: 20.abr.2007.

SÃO PAULO (cidade) Decreto-lei 41.446 de 16 de dezembro de 1996. Regulamenta o sistema tarifário pelos serviços prestados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. Disponível em: http://www.sabesp.com.br/legislacao/PDF/DE4144696.pdf. Acesso em 01.ago.2006.

SEMASA. Assemad. Serviço Municipal de água e saneamento de Santo André. Disponível em: www.**semasa**.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_55.pd Acesso em 25.jul.2007.

TEIXEIRA, W.;et al; **Decifrando a Terra**; 1 ed; Oficina de Livros; 2000; 558p.

TUCCI, C.E.M.; Apreciação do Plano Nacional de Recursos Hídricos e visão prospectivas de programas e ações; Brasília: Agência Nacional de Água; Brasília, 2001.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 248p.

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

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