



APOSTILA

OPERADOR DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO

Agradecimento Especial aos colegas **Edson Charles Rippel, Julio Cesar Sartor Bueno, Leandro Patrício, Lunalva Cechinato e Maria Elisa Gallina dos Santos**, que autorizaram a livre utilização de textos e materiais por eles elaborados.

SUMÁRIO

1 SANEAMENTO AMBIENTAL.....	03
1.1 Conceito, Importância, Objetivos e Campos de Ação.....	03
2 A ÁGUA NA NATUREZA E O CICLO HIDROLÓGICO	04
2.1 A Água na Natureza.....	04
2.2 O Ciclo Hidrológico.....	04
2.3 Ciclo do Uso da Água.....	05
3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	06
3.1 Captação e Adução de Água Bruta.....	06
3.2 Tratamento de Água	06
3.2.1 Conceitos Básicos.....	06
3.2.2 Água para Consumo Humano – Parâmetros	06
3.2.3 Tratamento Convencional da Água.....	07
3.2.4 Química para o Tratamento da Água.....	08
3.2.5 Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas	08
3.2.5.1 Parâmetros Físicos	09
3.2.5.2 Parâmetros Químicos	09
3.2.5.3 Parâmetros Bacteriológicos	10
3.3 Distribuição de Água	10
3.4 Medição de Água	11
3.5 Instalação Predial de Água	11
4 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	12
5 TRATAMENTO DE ESGOTO.....	13
5.1 Conceitos Básicos.....	13
5.2 Características dos Esgotos.....	13
5.3 Tratamento do Esgoto.....	13
5.3.1 Níveis do Tratamento de Esgotos	14
5.3.2 Sistemas de Tratamento de Esgoto.....	15
5.3.3 Controle do Tratamento de Esgoto.....	16
5.3.3.1 Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas	16
6 LABORATÓRIO PARA CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA E TRATAMENTO DO ESGOTO	18
6.1 Equipamentos	18
6.2 Vidraria	20
6.2.1 Acessórios.....	26
6.3 Operações Básicas	28
6.3.1 Medidas de Volume	28
6.3.2 Pipetar	29
6.3.3 Titular	30
6.3.4 Pesar – Balança Analítica	31
6.3.5 Precipitar	33
6.3.6 Filtrar	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 SANEAMENTO AMBIENTAL

1.1 Conceito, Importância, Objetivos e Campos de Ação

Conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis crescentes de **saúde pública**, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária dos resíduos líquidos, sólidos e gasosos, promoção de disciplina sanitária do uso e ocupação do solo, drenagem urbana, controle de vetores e reservatórios de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializados, tudo com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida, tanto nos centros urbanos, quanto nas comunidades rurais e propriedades rurais mais carentes. É, portanto, o conjunto de atividades institucionais formadas por: **abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e controle de vetores**. Até algum tempo atrás, era chamado de Saneamento Básico e compunha-se apenas das duas primeiras atividades.

Dessas atividades, é incumbência do SAMAEC, por Lei, o desempenho dos serviços de **abastecimento de água e esgotamento sanitário**, assim decompostos:

- **Abastecimento de água** – os serviços de abastecimento de água potável abrangem as atividades, com respectivas infra-estruturas e instalações operacionais, de: **captação, adução de água bruta, tratamento de água, adução, reservação e distribuição de água tratada**.
- **Esgotamento sanitário** – os serviços de esgotamento sanitário abrangem as atividades, com respectivas infra-estruturas e instalações operacionais, de: **coleta, afastamento, transporte, tratamento e disposição final de esgotos sanitários**.

2 A ÁGUA NA NATUREZA E O CICLO HIDROLÓGICO

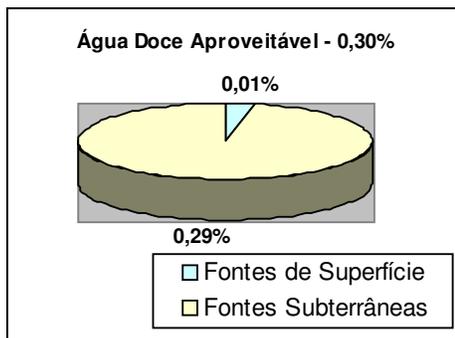
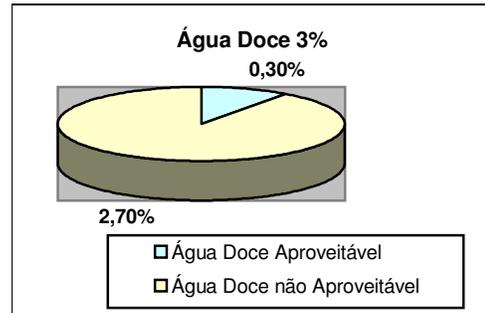
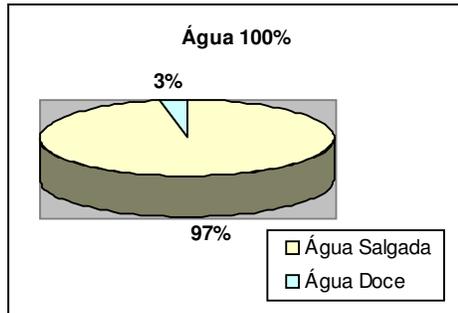
2.1 A Água na Natureza

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem, mais de 60% do seu peso é constituído por água, e, em certos animais aquáticos, essa percentagem sobe para 98%. A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no planeta e como ela circula de um meio para outro.

A água abrange quase $\frac{4}{5}$ da superfície terrestre; desse total, 97% referem-se aos mares e os 3% restantes às águas doces. Dentre as águas doces, 2,7% são formadas por geleiras, vapor de água e lençóis existentes em grandes profundidades (mais de 800m), não sendo economicamente viável seu aproveitamento para o consumo humano.

Em consequência, constata-se que somente 0,3% do volume total de água do planeta pode ser aproveitado para nosso consumo, sendo 0,01% encontrada em fontes de superfície (rios e lagos) e o restante, ou seja, 0,29%, em fontes subterrâneas (poços ou nascentes).

A água subterrânea vem sendo acumulada no subsolo há séculos e somente uma fração desprezível é acrescentada anualmente através de chuvas ou retirada pelo homem. Em compensação, a água dos rios é renovada cerca de 31 vezes, anualmente.

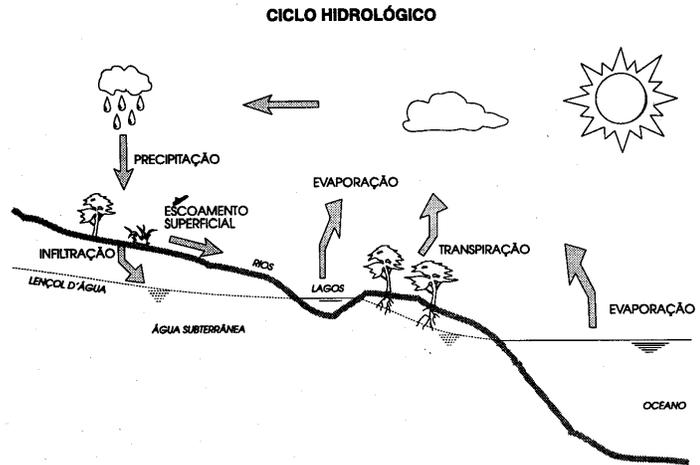


2.2 O Ciclo Hidrológico

Também conhecido como “O Ciclo da Água”, é o contínuo movimento da água em nosso planeta. É a representação do comportamento da água no globo terrestre, incluindo: ocorrência, transformação, movimentação e relações com a vida humana. É um verdadeiro retrato dos vários caminhos da água em interação com os demais recursos naturais.

Na figura seguinte, apresentamos o ciclo hidrológico de forma simplificada. Nele, distinguem-se os seguintes mecanismos de transferência da água:

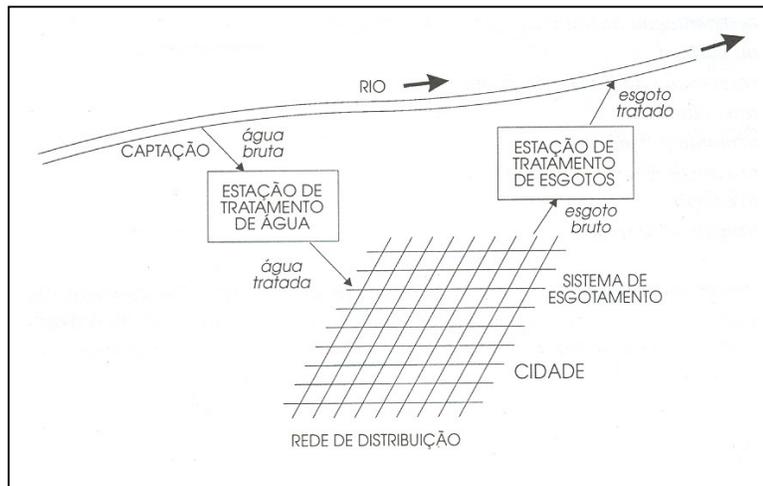
- **precipitação:** compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície da Terra, nas formas de chuva, neve, granizo e orvalho;
- **escoamento superficial:** quando a precipitação atinge a superfície ela tem dois caminhos por onde seguir: escoar pela superfície ou infiltrar no solo. O escoamento superficial é responsável pelo deslocamento da água sobre o solo, formando córregos, lagos e rios e, eventualmente, chegando ao mar;



- **infiltração:** corresponde à porção de água que, ao chegar à superfície, infiltra-se no solo, formando os lençóis d'água;
- **evaporação:** transferência da água superficial do estado líquido para o gasoso; a evaporação depende da temperatura e da umidade relativa do ar;
- **transpiração:** as plantas retiram a água do solo pelas raízes; a água é transferida para as folhas e, então, evapora.

2.3 Ciclo do Uso da Água

Além do ciclo da água no globo terrestre (ciclo hidrológico), existem ciclos internos, em que a água permanece em sua forma líquida, mas tem suas características alteradas em virtude de sua utilização. Na figura abaixo, mostra-se um exemplo de um ciclo típico do uso da água. Nesse ciclo, a qualidade da água é alterada em cada etapa do seu percurso.



3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinado a produzir e a distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades de população, para fins de consumo doméstico, serviços, consumo industrial, entre outros usos. Tecnicamente, podemos descrever um Sistema como sendo formado pelas seguintes etapas: captação, adução de água bruta, tratamento, reservação, distribuição da água tratada, medição/fornecimento ao usuário.

3.1 Captação e Adução de Água Bruta

- **Captação** – entende-se por captação, obras de captação, o conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou montados junto a um manancial com a finalidade de criar condições para que dali seja retirada água em quantidade capaz de atender ao consumo. Existem duas principais formas: captação de águas subterrâneas e captação de águas superficiais. A primeira se dá através de poços rasos, profundos, tubulares ou escavados. Já as captações superficiais recolhem água de mananciais de superfície como rios, lagos, barragens, sendo que a captação pode ser: direta, por barragem de nível, por canal de regularização, por canal de derivação, por torre de tomada, por poço de derivação e por reservatório de regularização. Em nossa cidade, a maioria da água captada provém de reservatórios de regularização (Barragens do Faxinal e Maestra).
- **Adução de Água Bruta** – antes de definir “adução de água bruta”, cabe definir “adutoras”, isto é, canalizações dos sistemas de abastecimento de água destinadas a conduzir água entre as diversas unidades do sistema. Então, “adução de água bruta” é o conjunto de canalizações e equipamentos destinados a conduzir água desde o ponto de captação até a unidade de tratamento.

3.2 Tratamento de Água

Conjunto de processos físicos e químicos destinados a transformar água bruta, *in natura*, em água potável, adequando-a ao consumo humano e atendendo aos padrões legais de potabilidade. Em nossa cidade, o SAMAE utiliza, em suas Estações de Tratamento de Água (ETA's), o tratamento do Tipo Convencional, que é comumente aplicado ao tratamento de águas de captações superficiais, geralmente turvas e/ou coloridas. Este tipo de tratamento é subdividido nas seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação.

3.2.1 Conceitos Básicos

- **Água Bruta** - é a água *in natura* retirada de rio, lago, lençol subterrâneo ou outro manancial, possuindo, cada uma, determinada qualidade.
- **Água Tratada** - é a água que, após a captação, sofre transformações através dos processos de tratamento, vindo a se adequar aos usos a que está prevista.
- **Água Potável** - é a água adequada ao consumo humano, e que, portanto, pode ser ingerida com segurança pela população. Para isto, deve apresentar características físicas, químicas, biológicas e organolépticas em conformidade com a legislação específica (Padrões de Potabilidade).

Não se deve confundir água potável com água pura ou mesmo com água limpa. Água pura, isto é, sem nenhuma substância dissolvida, só pode ser “fabricada” em laboratório através de processos de destilação. Já na água potável são permitidos, sendo até necessária, a presença de algumas substâncias químicas dissolvidas (sais minerais, por exemplo), só que em concentrações limitadas, obedecendo sempre à legislação. Por sua vez, a água que chamamos de limpa, por sua aparência cristalina, não pode, por si só, ser considerada potável, uma vez que dentro dela podem existir muitos microorganismos, invisíveis a olho nu, que podem causar doenças.

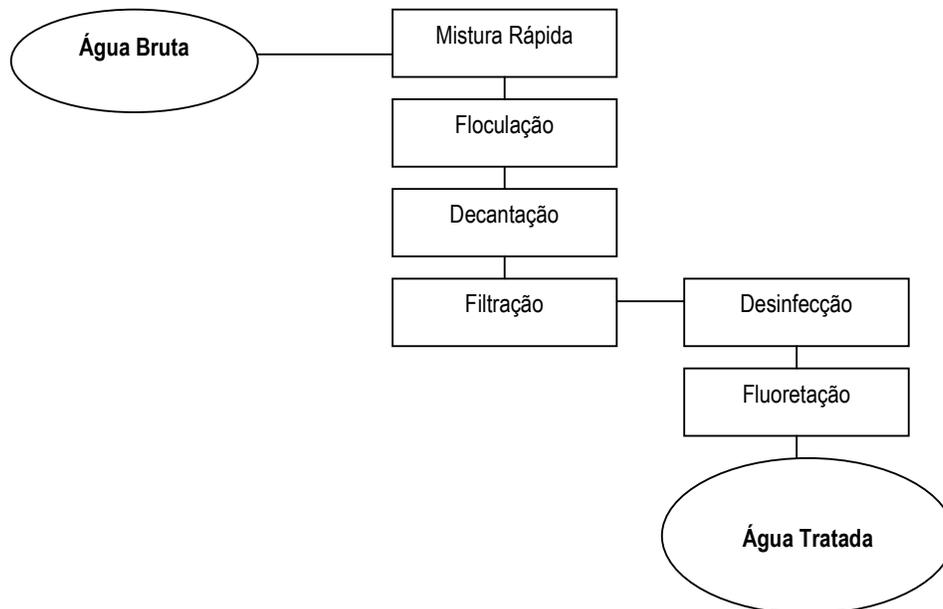
3.2.2 Água para Consumo Humano – Parâmetros

A água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são utilizados na definição de distintos Padrões, que fixam diferentes valores para, por exemplo, águas de abastecimento, águas para balneabilidade, águas residuárias, entre outras. No caso de água para o consumo humano, os parâmetros físicos, químicos e biológicos devem seguir um padrão predeterminado chamado de **Padrão de Potabilidade**, definido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

3.2.3 Tratamento Convencional da Água

O tratamento de Água denominado de Convencional é normalmente aplicado às águas que possuem partículas finamente divididas em suspensão e partículas coloidais e que necessitam de tratamento químico capaz de propiciar sua deposição, com um baixo período de detenção. O tratamento convencional é subdividido nas seguintes etapas, que se sucedem hidráulicamente:

- **Coagulação:** processo onde a adição de sulfato de alumínio ou sulfato ferroso, entre outros, através de mistura rápida, provoca a coagulação, formando compostos químicos. Esses compostos, formados através de choques com as partículas de impurezas, são por elas absorvidos e provocam desequilíbrio das cargas elétricas superficiais, o que irá propiciar a posterior união destas partículas na etapa seguinte.
- **Floculação:** os compostos químicos, já misturados anteriormente, vão reagir com a alcalinidade da água formando compostos que tenham a propriedade da adsorção, que é a capacidade de atrair partículas com cargas elétricas contrárias. Essas partículas são chamadas de flocos e têm cargas elétricas superficialmente positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, têm carga elétrica negativa, sendo assim retidas pelos flocos. É aqui, no compartimento da floculação, que se inicia a formação dos flocos, que irão crescendo (em tamanho) à medida que se dirigem para o decantador.
- **Decantação:** é o fenômeno pelo qual os flocos do coagulante, que já agregaram a si as impurezas, começam o processo de sedimentação e conseqüente clarificação da água. Esse fenômeno ocorre porque os flocos, que são mais pesados do que a água e devido à baixa velocidade da mesma na grande área do decantador, afundam pela ação gravitacional, ficando depositados no fundo do tanque, deixando a água superficial mais clara, ao longo do fluxo, e apta a seguir escoando para a próxima etapa.
- **Filtração:** a maioria das partículas ficou retida no decantador, porém uma parte persiste em suspensão; e é para remover essa parte que se procede à filtração. Hidraulicamente, faz-se a água traspasar uma camada filtrante, constituída por um leito arenoso, com granulometria predimensionada, sustentada por uma camada de cascalho, de modo que as impurezas, as partículas, a maioria das bactérias, entre outros, fiquem retidos e a água filtrada seja límpida.
- **Desinfecção:** a filtração bem executada elimina as partículas e quase todas as bactérias; entretanto, as bactérias têm que ser totalmente eliminadas. Para isso, recorre-se à desinfecção, que é feita pela adição de produtos químicos, dos quais o mais usado é o cloro. A cloração, como é chamada, é feita através de dosadores que aplicam compostos de cloro à água, desinfectando-a.
- **Fluoretação:** adição de compostos de flúor à água em tratamento, como medida de saúde pública, visando a diminuição da incidência de cárie dentária. Dentre os produtos químicos utilizados para este fim, destacam-se o fluorsilicato de sódio e o ácido fluorsilícico.



Para que os processos de cada etapa do Tratamento Convencional ocorram de forma adequada se faz necessário o acompanhamento através do que chamamos de Controles de Processo. Descrevemos, abaixo, as duas principais formas de controle:

a) Controle Analítico

A realização de análises físico-químicas, durante as várias etapas do tratamento, possibilita o acompanhamento da eficiência do mesmo e determina a necessidade, ou não, da implementação de medidas preventivas e/ou corretivas. Além disto, serve para monitorar os principais parâmetros relativos à potabilidade da água. Para cada etapa, distintas análises são feitas, a saber:

- **Água Bruta:** normalmente, são realizadas as seguintes análises: temperatura, cor, turbidez, pH, odor, alcalinidade, matéria orgânica, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, ferro, manganês e dureza. Esta bateria de análises é realizada a cada turno de trabalho e tem como objetivo monitorar a qualidade da água bruta que chega à ETA e detectar alterações na mesma.
- **Água Coagulada:** analisa-se pH, alcalinidade, cor, turbidez e alumínio.
- **Água Decantada:** cor, turbidez, pH, alcalinidade.
- **Água Tratada:** na água tratada são analisados os mesmos parâmetros avaliados na água bruta. Além disto, a cada duas horas, são efetuadas análises de pH, turbidez, cor, flúor, cloro residual livre e alumínio residual. Diariamente, análise bacteriológica.

b) Controle Operacional

O controle operacional compreende todas as ações necessárias ao bom andamento do processo de tratamento da água. A seguir estão elencadas as principais atividades relativas à operação de estações de tratamento de água:

- medição da vazão de água bruta;
- ajustes e conferências nas dosagens dos produtos químicos utilizados no tratamento;
- preparo de soluções dos produtos químicos utilizados no tratamento;
- lavagem de filtros;
- medição dos níveis dos reservatórios de água tratada;
- registro de consumo de produtos químicos, e
- verificação periódica do funcionamento de bombas, válvulas, dosadores e demais equipamentos existentes nas estações de tratamento de água.

3.2.4 Química para o Tratamento da Água

A água é conhecida como *solvente universal* porque quase todas as substâncias conhecidas podem ser dissolvidas pela água, em maior ou menor grau de dissolução. Sendo assim, a água é capaz de dissolver sólidos, líquidos e gases. Alguns compostos orgânicos (formados principalmente de carbono) também se dissolvem em água, tais como o açúcar e o álcool, mas a maior parte destes é insolúvel em água. Ex: compostos de petróleo.

A propriedade da água descrita acima, isto é, a grande capacidade de dissolver as mais diversas substâncias, confere às águas superficiais e subterrâneas características diversas, que dependem das características geológicas e do uso do solo que as rodeia. Daí a importância da preservação das bacias hidrográficas, pois é sabido que águas brutas provenientes de bacias preservadas (manutenção da vegetação nativa, gerenciamento do uso e ocupação do solo), são de boa qualidade e podem ser potabilizadas através do tratamento convencional.

O tratamento convencional remove partículas em suspensão, microorganismos e partículas coloidais, cuja presença na água se deve principalmente aos efeitos de erosão do solo, causada pelos agentes naturais (chuvas, ventos) ou pela ação do homem. A remoção destas partículas se dá através dos processos de coagulação, floculação e decantação, já descritos. As reações químicas envolvidas no tratamento se processam, principalmente, na etapa de coagulação. Ocorre a reação do sulfato de alumínio com a água, formando várias espécies químicas. Ex: $Al(H_2O)_6^{+3}$, $Al_13(OH)_34^{+5}$, $Al_16(OH)15^{+3}$, $Al(OH)_3$.

Estas, por terem cargas positivas, são adsorvidas pelas partículas coloidais, que apresentam cargas negativas, acarretando a neutralização dos colóides e possibilitando a formação dos flocos. Também existe a reação das espécies citadas acima com a alcalinidade de água, formando o hidróxido de alumínio, sólido insolúvel e precipitável.

3.2.5 Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas

As análises realizadas na água bruta visam a determinação das características físicas, químicas e biológicas da mesma, monitorando sua qualidade.

As análises realizadas na água tratada visam a avaliação da eficiência do tratamento e os parâmetros de potabilidade exigidos. A seguir serão elencadas as principais análises realizadas nas águas bruta e tratada.

3.2.5.1 Parâmetros Físicos

- **Turbidez:** a turbidez da água se deve à existência de partículas em suspensão, de diferentes tamanhos e natureza química. Ex.: argila, compostos de origem vegetal, microorganismos. A turbidez é medida em equipamentos chamados turbidímetros, e a unidade de medida é o UNT (unidade nefelométrica de turbidez). A turbidez das águas brutas varia bastante, desde valores menores que dez, em lagos, até milhares de unidades em rios bastante poluídos. A água tratada deve apresentar turbidez menor que 1,0 UNT, para que o processo de desinfecção seja eficiente e para atendimento do padrão de potabilidade vigente.
- **Cor:** na água bruta, a cor normalmente é causada por compostos orgânicos de origem vegetal. Alguns destes compostos podem originar, quando submetidos à cloração, os chamados trihalometanos, suspeitos de serem agentes cancerígenos. Por isto, a água tratada deve apresentar valores de cor inferiores a 15 unidades. A cor pode ser dividida em cor real e cor aparente. Nas estações de tratamento normalmente mede-se a cor aparente, em equipamentos chamados colorímetros.
- **Sabor e Odor:** este parâmetro é de difícil avaliação, visto que a análise de sabor e odor é bastante subjetiva e depende das habilidades e treinamento dos analistas. Na água bruta, a presença de sabor e odor se deve, predominantemente, a compostos orgânicos originados pela atividade metabólica de algumas espécies de algas. O tratamento convencional não remove completamente estas substâncias, sendo necessário, muitas vezes, a utilização de carvão ativado para remoção das mesmas.
- **Temperatura:** a temperatura tem influência em todas as etapas do tratamento, e, também, na determinação de alguns parâmetros químicos, tais como pH e solubilidade de gases. Daí a importância do monitoramento da mesma nas águas bruta e tratada.

3.2.5.2 Parâmetros Químicos

- **pH:** a medida do pH indica a acidez ou basicidade de uma solução. A escala de pH é de 0 a 14. Assim, soluções com pH abaixo de 7 são ditas ácidas e soluções com pH acima de 7 são ditas básicas. Os valores de pH nas águas bruta e tratada sofrem influência da temperatura e da presença de gases e sólidos dissolvidos. O controle do pH nas águas bruta e tratada é importante, pois o mesmo influencia as etapas de coagulação e desinfecção. O pH geralmente é medido em equipamentos específicos para este fim, através do método potenciométrico.
- **Alcalinidade:** a alcalinidade é definida como a capacidade da água em neutralizar ácidos. Pode ser atribuída à presença de carbonatos e bicarbonatos provenientes da ação erosiva da água sobre os solos e rochas. A alcalinidade influi no processo de coagulação, pois o sulfato de alumínio utilizado como agente coagulante reage com estes compostos originando o hidróxido de alumínio. A alcalinidade é medida através de titulação da amostra com ácido padronizado (concentração conhecida).
- **Dureza:** a dureza normalmente é devida à presença dos cátions Ca^{+2} , Mg^{+2} , sob a forma de bicarbonatos e carbonatos. Águas com elevada dureza não produzem espuma e incrustam tubulações de água quente e caldeiras. As águas subterrâneas costumam apresentar maior dureza que as águas superficiais. A dureza é determinada através de titulação da amostra com EDTA.
- **Cloretos:** o íon cloreto presente em águas superficiais pouco poluídas e distantes do litoral, normalmente é originário da dissolução de minerais. Concentrações elevadas de cloretos interferem na coagulação e conferem sabor salino à água. No caso da água tratada, altas concentrações de cloretos aceleram os processos de corrosão em tubos metálicos. A determinação dos cloretos se dá por titulação da amostra com nitrato de prata.
- **Ferro e Manganês:** o ferro e o manganês são encontrados mais comumente em águas subterrâneas. Contudo, podem ocorrer em águas superficiais (represas), associados a bicarbonatos e matéria orgânica. A presença de ferro e manganês na água tratada pode ocasionar o surgimento de manchas em roupas e louças e, em concentrações altas, conferir à água um sabor amargo adstringente. Estes metais normalmente são determinados por colorimetria ou por espectrofotometria de absorção atômica.
- **Alumínio:** o alumínio é um dos elementos mais abundantes na natureza; está presente na constituição da crosta terrestre, nos solos, nas plantas e nos tecidos animais. Além disto, compostos de alumínio também são bastante utilizados na indústria e no tratamento da água (sulfato de alumínio). A análise do alumínio na água tratada tem como objetivos o controle da eficiência do tratamento e o monitoramento dos níveis deste metal na água, pois o alumínio, em concentrações acima do limite estabelecido (0,2 mg/l), pode causar danos à saúde (neurotóxico).
- **Fluoretos:** águas superficiais dificilmente contêm flúor. Contudo, o mesmo é adicionado à água tratada, em concentrações de 0,6 a 0,9 mg/l, por medida de saúde pública, para auxiliar na prevenção da cárie dentária. Águas

subterrâneas podem apresentar teores variados de flúor, dependendo da formação geológica do solo que as rodeia. A análise de flúor pode ser realizada através dos métodos colorimétrico e potenciométrico.

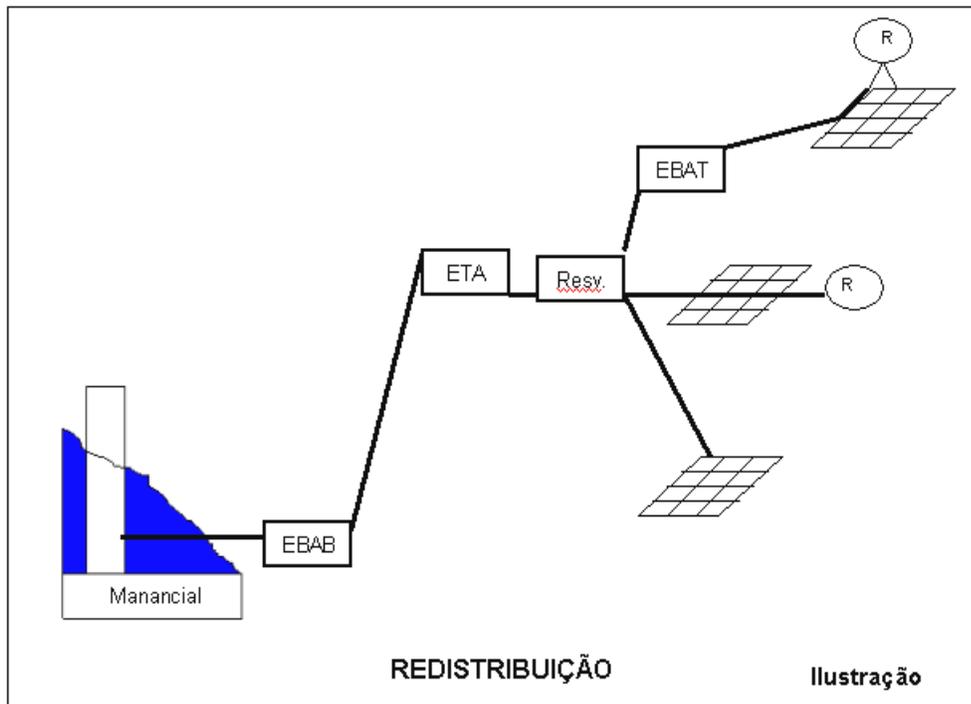
- **Oxigênio Dissolvido:** o oxigênio presente na água provém, principalmente, da atmosfera e da fotossíntese. Em amostras provenientes de rios e represas, valores baixos de oxigênio dissolvido podem indicar contaminação por material orgânico, visto que, para decomposição da matéria orgânica, as bactérias aeróbias consomem oxigênio. Níveis muito baixos de oxigênio dissolvido podem causar a morte de peixes e outros seres aquáticos e o surgimento de odores desagradáveis. A determinação de oxigênio dissolvido é realizada através do “método Winkler”.
- **Cloro Residual:** na maioria das estações de tratamento de água existentes no Brasil, o cloro é adicionado à água filtrada com o objetivo de eliminar microorganismos patogênicos que possam estar presentes na mesma. Desta forma, este composto deve estar sempre presente em amostras de água tratada provenientes da estação de tratamento ou da rede distribuidora. O cloro normalmente é analisado através de método colorimétrico ou titulométrico.

3.2.5.3 Parâmetros Bacteriológicos

Conforme já foi dito, a água pode ser o veículo de transmissão de muitas doenças, seja através da ingestão da mesma (cólera, febre tifóide, disenterias), ou pelo simples contato (escabiose, tracoma). As principais doenças associadas à água são causadas por bactérias e vírus. Estes microorganismos não se encontram usualmente no ambiente aquático e sua presença é devida à contaminação do mesmo por fezes de humanos contaminados. Sendo assim, a possibilidade da existência destes microorganismos patogênicos na água é determinada, de forma indireta, pelas análises de coliformes totais e *Escherichia coli*. Estas bactérias existem em grande quantidade no intestino humano e são eliminadas pelas fezes, de modo que sua ocorrência na água bruta demonstra que a mesma pode ter sido contaminada por fezes de humanos infectados. Assim, as bactérias do grupo coliforme são indicadoras da possibilidade de contaminação da água por agentes patogênicos. A detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* é realizada através da técnica de substrato enzimático.

3.3 Distribuição de Água

Destina-se a conduzir a água tratada, através de tubulações, aos diversos pontos de consumo da comunidade. É formada, basicamente, por malhas hidráulicas compostas por tubulações de adução, subadução, redes distribuidoras e ramais prediais, que juntos disponibilizam a água tratada na entrada do imóvel do consumidor. Em muitos casos, essas malhas possuem também grandes reservatórios de distribuição, estações de bombeamento para regiões mais elevadas, além de outros equipamentos de controle que garantam a continuidade da distribuição.



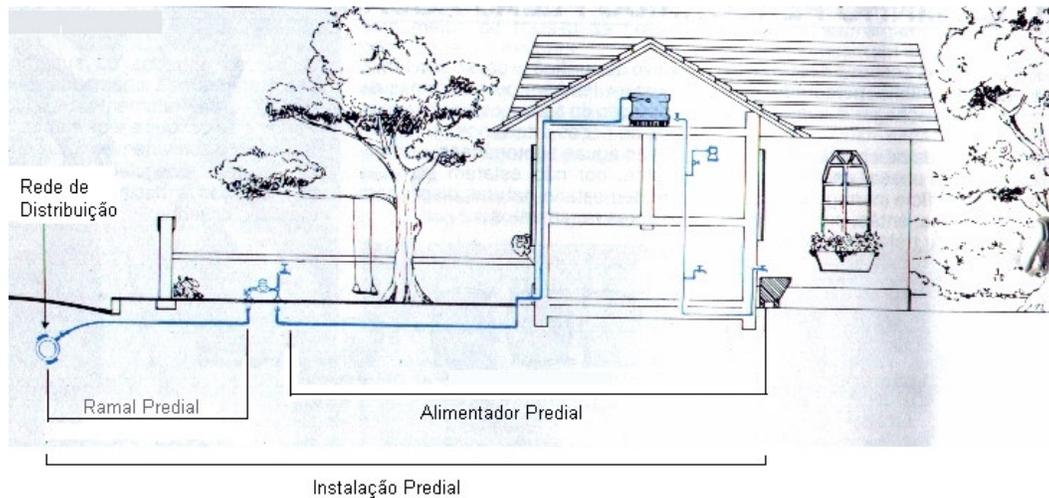
3.4 Medição de Água

A medição da água, quando essa chega ao ponto de consumo, passando por um medidor e ficando, a partir dali, disponível para utilização, leva o nome de **micromedição**.

A **micromedição** é a forma de medir e permitir a justa cobrança do consumo de cada ramal, atendendo, assim, à legislação que regulamenta a matéria, bem como consagrando a idéia de que o consumidor deva pagar somente o que realmente consumir. A **micromedição** é também uma grande aliada para o combate ao desperdício, pois antes dela, ou mesmo onde ela ainda não exista, os consumos individuais médios ficam superiores aos de áreas micromedidas. Seu uso racionaliza a distribuição e evita problemas de falta de água nos pontos de mais difícil abastecimento. A unidade de medida comumente utilizada para a medição da água potável que chega ao consumidor é o **volume**, normalmente expresso em **m³** (metros cúbicos) e o instrumento responsável pela **micromedição** mais comum é o **hidrômetro**.

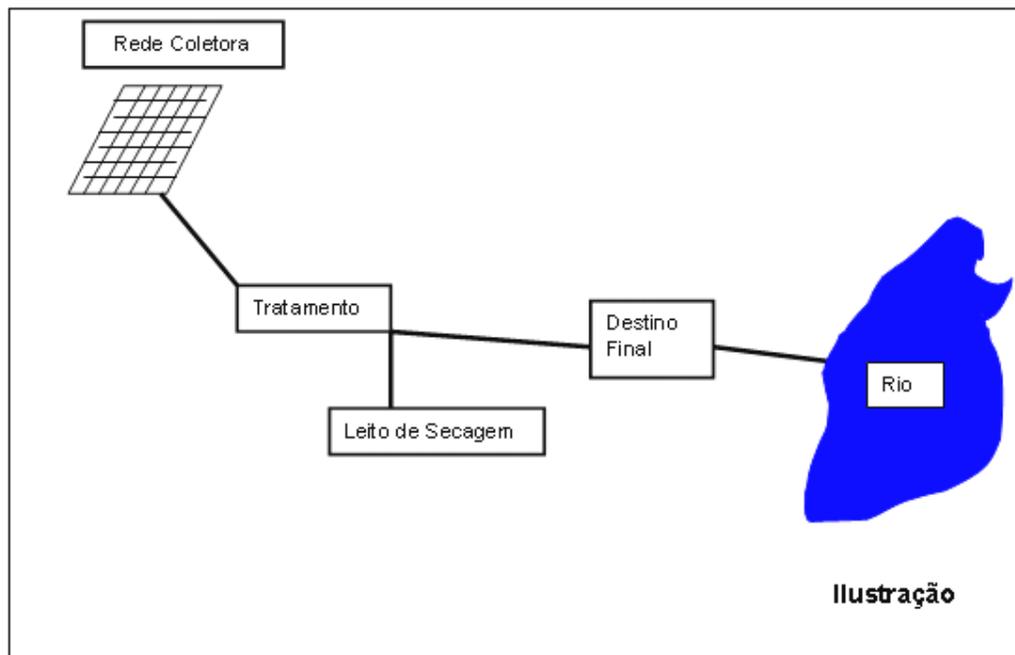
3.5 Instalação Predial de Água

Conjunto de canalizações, aparelhos, equipamentos e dispositivos hidráulicos empregados na distribuição de água em um determinado prédio. A instalação aqui definida se inicia no ramal predial e estende-se até os pontos internos de consumo.



4 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a coletar, tratar e afastar os esgotos (águas usadas) produzidos por uma comunidade, tendo como principal objetivo a disseminação da saúde pública e a conservação do meio ambiente natural. Tecnicamente, podemos descrever um Sistema como sendo formado pelas seguintes etapas: coleta, afastamento, transporte, tratamento e disposição final de esgotos sanitários.



5 TRATAMENTO DE ESGOTO

5.1 Conceitos Básicos

- **Poluição Ambiental:** é a ação da matéria rejeitada sobre as fontes de energia. Isto ocorre em função do contato entre as fontes de energia e os resíduos humanos, decorrendo, em consequência, um consumo das fontes de energia cada vez mais impuras a ponto de se tornarem num grau extremo inadequadas à vida.
- **Poluição das Águas:** é a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água receptor de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. Existem dois tipos de poluição das águas:
 - a) *pontual:* aquela em que os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Exemplo: descarga em um rio de um emissário transportando esgoto de uma cidade/comunidade, descarregando em um único ponto;
 - b) *difusa:* aquela em que os poluentes adentram no corpo d'água distribuídos ao longo de parte de sua extensão. Portanto, a descarga é feita de forma distribuída e não concentrada num único ponto.
- **Esgoto:** a palavra esgoto costumava ser usada para definir tanto a tubulação condutora das águas servidas de uma comunidade, como, também, o próprio líquido que flui por estas canalizações. Hoje, este termo é usado quase que apenas para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, as de utilidade pública, de áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluviais, etc. Os esgotos costumam ser classificados em dois grupos principais:
 - a) *esgotos sanitários:* são constituídos, essencialmente, de despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais, águas de infiltração e, eventualmente, uma parcela não significativa de despejos industriais, tendo características bem definidas. Os esgotos domésticos ou domiciliares provêm, principalmente, de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Compõem-se, essencialmente, da água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem;
 - b) *esgotos industriais:* extremamente diversos, provêm de qualquer utilização da água para fins industriais e adquirem características próprias em função do processo industrial empregado. Assim sendo, cada indústria deverá ser considerada isoladamente.

5.2 Características dos Esgotos

As características dos esgotos variam quantitativa e qualitativamente de acordo com sua utilização. Os esgotos industriais são de difícil caracterização, em vista da grande amplitude de utilização da água para fins industriais, sendo que cada processo gera um efluente de características diferentes. Já nos esgotos domésticos (sanitário) pode-se caracterizar os esgotos de comunidades providas de costumes semelhantes, em vista da similaridade dos despejos. As principais características dos esgotos domésticos/sanitários podem ser subdivididas em:

- a) **Físicas:** teor de matéria sólida, temperatura, odor, cor, turbidez, variação da vazão;
- b) **Químicas:** subdividem-se em orgânicas (proteínas, carboidratos, gorduras, óleos e outros em menos quantidade) e inorgânicas (areia e substâncias minerais dissolvidas);
- c) **Biológicas:** microorganismos, tais como bactérias, fungos, protozoários, vírus, algas e outros.

5.3 Tratamento do Esgoto

Os processos de tratamento de esgoto são formados por uma série de operações unitárias, que são empregadas para a remoção de substâncias indesejáveis ou para a transformação destas substâncias em outras de forma aceitável. As mais importantes operações unitárias, empregadas nos sistemas de tratamento de esgoto, são:

- a) **trocas de gás:** operação pela qual gases são precipitados no esgoto ou tomados em solução pelo esgoto a ser tratado, pela sua exposição ao ar sob condição elevada, reduzida ou normal de pressão;
- b) **gradeamento:** operação pela qual o material flutuante e a matéria em suspensão, que for maior em tamanho que as aberturas das grades, são retidos e removidos;
- c) **sedimentação:** operação pela qual a capacidade de carreamento e de erosão da água é diminuída, até que as partículas em suspensão decantem pela ação da gravidade e não possam mais ser levantadas pela ação de correntes;
- d) **flotação:** operação pela qual a capacidade de carreamento da água é diminuída e sua capacidade de empuxo é então aumentada, às vezes até pela adição de agentes flutuantes; as substâncias naturalmente mais leves que a água, ou que pela ação destes agentes flutuantes são tornadas mais leves, sobem à superfície e são, então, raspadas. Os agentes flutuantes costumam ser pequenas bolhas de ar ou compostos químicos;

- e) **coagulação química:** operação pela qual substâncias químicas formadoras de flocos – coagulantes – são adicionadas à água com finalidade de se juntar ou combinar com a matéria em suspensão decantável e, particularmente, com a não decantável e com a matéria coloidal; com isto se formam, rapidamente agregados às partículas em suspensão, os flocos. Embora solúveis, os coagulantes se precipitam depois de reagir com outras substâncias do meio;
- f) **precipitação química:** operação pela qual substâncias dissolvidas são retiradas de solução; as substâncias químicas adicionadas são solúveis e reagem com as substâncias químicas do esgoto, precipitando-as;
- g) **filtração:** operação pela qual os fenômenos de coar, decantação e de contato interfacial combinam-se para transferir a matéria em suspensão para grãos de areia, carvão ou outro material granular, de onde deverá ser removida;
- h) **desinfecção:** operação pela qual os organismos vivos infecciosos em potencial são exterminados;
- i) **oxidação biológica:** operação pela qual os microorganismos decompõem a matéria orgânica contida no esgoto ou no lodo e transformam substâncias complexas em produtos finais simples.

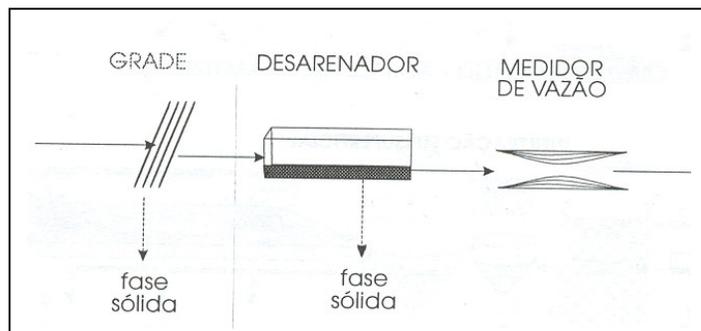
Os processos de tratamento de esgoto podem ser classificados em:

- a) **processos físicos:** são assim definidos devido à predominância dos fenômenos físicos adotados por um sistema ou dispositivo de tratamento dos esgotos. Caracterizam-se, principalmente, nos processos de remoção das substâncias fisicamente separáveis dos líquidos ou que não se encontram dissolvidas. Basicamente, têm por finalidade separar as substâncias em suspensão no esgoto, incluindo a remoção de sólidos grosseiros, sólidos decantáveis e sólidos flutuantes. Mas qualquer outro processo em que há predominância dos fenômenos físicos constitui um processo físico de tratamento, como remoção da umidade do lodo, filtração dos esgotos, incineração do lodo, diluição dos esgotos e homogeneização dos esgotos;
- b) **processos químicos:** são os processos em que há utilização de produtos químicos e são raramente adotados isoladamente. A necessidade de se utilizar produtos químicos tem sido a principal causa da menor aplicação do processo. Via de regra, é utilizado quando o emprego de processos físicos ou biológicos não atendem ou não atuam eficientemente nas características que se deseja reduzir ou remover. Os processos químicos comumente adotados em tratamento de esgoto são a floculação, a precipitação química, a elutriação, a oxidação química, a cloração e a neutralização ou correção do pH;
- c) **processos biológicos:** são os processos que dependem da ação de microorganismos presentes nos esgotos; os fenômenos inerentes à respiração e à alimentação são predominantes na transformação dos componentes complexos em compostos simples, tais como sais minerais, gás carbônico e outros. Esses processos procuram reproduzir, em dispositivos racionalmente projetados, os fenômenos biológicos encontrados na natureza, condicionando-os em área e tempo economicamente justificáveis. Os principais processos biológicos de tratamento de esgoto são a oxidação biológica (lodos ativados, filtros biológicos, valos de oxidação e lagoas de estabilização) e digestão de lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas);
- d) **outros processos:** além dos processos acima mencionados, vários outros têm resultado de pesquisas ou são de implantação mais recente, constituindo, muitas vezes, o que se tem chamado de “tratamento avançado”. A técnica do tratamento de esgotos tem evoluído de forma extraordinária e estes outros processos “especiais” constituirão formas normais de tratamento à medida que o desenvolvimento tecnológico tornar mais econômica e simples sua aplicação. Entre eles, pode-se citar: filtração rápida, adsorção, eletrodialise, troca de íons e osmose inversa.

5.3.1 Níveis do Tratamento de Esgotos

O tratamento dos esgotos é usualmente classificado através dos seguintes níveis:

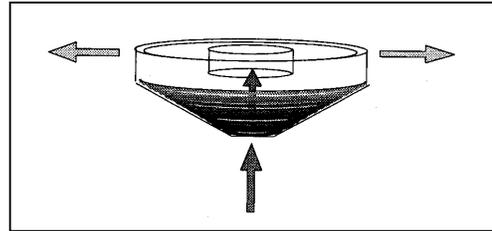
- a) **preliminar:** objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros em suspensão (materiais de maiores dimensões e areia); os mecanismos básicos de remoção são de ordem física, como peneiramento e sedimentação; além dessas unidades, inclui-se, também, uma unidade para a **medição da vazão**, usualmente uma calha Parshall, onde o valor medido do nível do líquido pode ser correlacionado com a vazão; a remoção dos sólidos grosseiros é



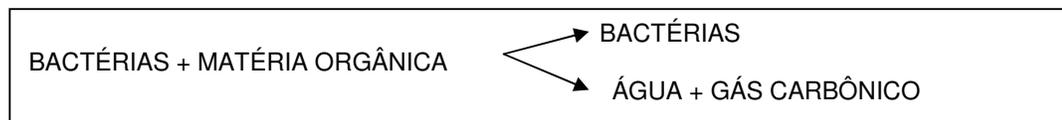
feita, freqüentemente, por meio de **grades**, onde o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras é retido e sua remoção pode ser manual ou mecanizada; a remoção da areia contida no esgoto é feita através de unidades especiais denominadas **desarenadores**, cujo mecanismo de remoção é simplesmente o de

sedimentação, onde os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, sendo de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades de jusante.

- b) **primário:** visa a remoção de sólidos sedimentáveis em suspensão e DBO em suspensão (matéria orgânica componente dos sólidos sedimentáveis em suspensão); os esgotos, após passarem pelas unidades de tratamento preliminar, contêm, ainda, os sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação; os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares, onde os esgotos fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo a que os sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo, formando o *lodo primário bruto*.



- c) **secundário:** visa a remoção de DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão fina, não removida no tratamento primário), DBO solúvel (matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos) e, eventualmente, nutrientes (fósforo e nitrogênio); objetiva o aceleração dos mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente nos corpos receptores; assim, a decomposição dos poluentes orgânicos degradáveis é alcançada, em condições controladas, em intervalos de tempo menores do que nos sistemas naturais; sua essência é a inclusão de uma *etapa biológica*, onde a remoção da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas, realizadas por microrganismos, tais como bactérias, protozoários, fungos, etc.; a base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos, convertendo a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular (crescimento e reprodução dos microrganismos);



- d) **terciário:** visa a remoção de poluentes específicos ou, ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. São eles: nutrientes, patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes.

5.3.2 Sistemas de Tratamento de Esgoto

No tratamento físico-químico há a remoção de sólidos em suspensão, enquanto que no tratamento biológico a remoção de material orgânico com características biodegradáveis se dá através da sua metabolização por bactérias, que ocorre por meio de dois processos distintos:

- **Aeróbio:** caracteriza-se pela presença de oxigênio livre no processo de tratamento. A implantação de sistemas com processos aeróbios exige pequenos riscos de investimentos. Porém, alguns equipamentos necessários para o sistema, tais como aeradores, demandam energia. O lodo gerado como subproduto ainda é passível de decomposição biológica e necessita de tratamento complementar. Nesse sistema, a degradação biológica, com a conseqüente conversão em CO₂, gira em média de 40 a 50%, verificando-se uma enorme incorporação de matéria orgânica como biomassa microbiana (cerca de 50 a 60%), que vem a constituir o lodo excedente do sistema. O material orgânico não convertido em gás carbônico ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (5 a 10%). Vários são os tipos de instalações utilizadas: lagoas, lodo ativado, filtros, biodisco, entre outros.
- **Anaeróbio:** caracteriza-se pela ausência de oxigênio livre no processo de tratamento. Um subproduto obtido desse processo é o gás metano (biogás), que pode ser utilizado como fonte de energia. A produção de lodo em menor quantidade e já estabilizado é a característica mais valorizada nesse processo. Com o desenvolvimento dos reatores anaeróbios de alta taxa, esses processos tornaram-se atraentes, pois propiciam menor tempo de retenção hidráulica, tornando as unidades mais compactas e reduzindo os custos de implantação. Nesse sistema, verifica-se que a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertida em biogás (cerca de 70 a 90%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. Apenas uma parcela do material orgânico é convertido em

biomassa microbiana (cerca de 5 a 15%), vindo a constituir o lodo excedente do sistema. Além da pequena quantidade produzida, o lodo excedente apresenta-se, em geral, mais concentrado e com melhores características de desidratação. O material não convertido em biogás ou em biomassa deixa o reator como material não degradado (10 a 30%). Vários são os tipos de instalações utilizadas: lagoas, reatores de manta de lodo (leito fluidizado), filtros, fossas sépticas, tanque imhoff, entre outros.

Ainda, com o objetivo de elevar o grau de tratamento do efluente, pode ser utilizada a conjugação dos processos físico, químico e biológico. Por exemplo, biológico + biológico; biológico + físico-químico; biológico + biológico + físico-químico.

5.3.3 Controle do Tratamento de Esgoto

Para que os processos do tratamento de esgoto ocorram de forma adequada, faz-se necessário o acompanhamento através do que chamamos de Controles de Processo. Aqui, estão elencados os controles comumente utilizados no SAMAE, em suas Estações de Tratamento de Esgoto. São eles:

a) Controle Operacional

O controle operacional compreende todas as ações necessárias ao bom andamento do processo de tratamento do esgoto. Abaixo estão elencadas as principais atividades relativas à operação da estação de tratamento de esgoto:

- operação das comportas do by-pass;
- limpeza do gradeamento e dos desarenadores;
- medição de vazão;
- medição de temperatura do ar e do afluente e efluente;
- coletas de amostras do afluente e efluente para análise;
- descarte do lodo, e
- limpeza dos leitos de secagem.

b) Controle Analítico

A realização de análises físicas, químicas e bacteriológicas, durante as várias etapas do tratamento dos esgotos, possibilita o acompanhamento da eficiência do mesmo e determina a necessidade, ou não, de implementação de medidas preventivas e/ou corretivas. Além disso, o controle analítico serve para caracterizar e monitorar o efluente tratado. As análises usualmente realizadas são: pH, alcalinidade total, acidez volátil, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, DBO₅, DQO, sulfetos, sulfatos, coliformes fecais, coliformes totais.

5.3.3.1 Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas

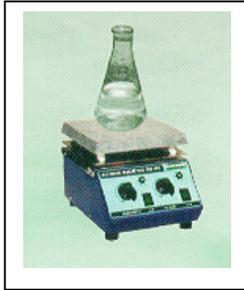
Abaixo estão listadas as principais análises realizadas no processo de tratamento de esgoto.

- **pH** – a medida do pH indica a acidez ou basicidade de uma solução. A escala de pH é de 0 a 14. Assim, soluções com pH abaixo de 7 são ditas ácidas e soluções com pH acima de 7 são ditas básicas. Os valores de pH para os esgotos em processo de tratamento podem variar entre 6,5 a 7,5. Nessa faixa de neutralidade, o sistema químico que controla o pH é o dióxido de carbono/bicarbonato. O controle do pH no tratamento do esgoto é um dos fatores mais importantes a ser mantido para se obter uma boa eficiência do processo. O pH geralmente é medido em equipamentos específicos para este fim, através do método potenciométrico.
- **Alcalinidade Total:** a alcalinidade de um digestor anaeróbio é a medida da capacidade de tamponamento dos componentes do digestor. É através dessa medida que se tem noção da capacidade do sistema impedir diminuições bruscas do pH. A alcalinidade na digestão anaeróbia é devida, principalmente, à presença de sais de bicarbonato, como o bicarbonato de amônio e sais de ácidos voláteis. A alcalinidade total é medida efetuando-se a titulação do centrífugado, como no caso da determinação dos ácidos voláteis, até pH 4,0. Essas duas determinações são realizadas simultaneamente. O volume de ácido gasto na titulação até pH 4,0 fornece a alcalinidade, e o volume de hidróxido gasto entre pH 4,0 e 7,0 fornece os ácidos voláteis.
- **Acidez Volátil:** a medida dos ácidos voláteis é o parâmetro que fornece, juntamente com a medida do volume de gases produzidos, a indicação mais imediata do funcionamento do processo. Os valores de alcalinidade e ácidos voláteis variam com o tipo de resíduo que está sendo digerido, com as condições operacionais e com o tipo de reator. A determinação da acidez volátil poder ser efetuada através de Cromatografia Gasosa ou por métodos simplificados.
- **Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Suspensos Voláteis:** a determinação dos sólidos suspensos fornece uma estimativa da matéria orgânica presente no resíduo.

- **DBO₅ e DQO:** a demanda bioquímica de oxigênio e a demanda química de oxigênio são parâmetros que representam indiretamente o conteúdo de matéria de um resíduo através da medida de oxigênio necessária para oxidar quimicamente (DQO) ou bioquimicamente (DBO) a matéria orgânica. No processo de digestão anaeróbia, a medida da DBO e DQO é importante para representar o conteúdo de matéria orgânica do resíduo a ser digerido, especialmente para resíduos líquidos que contenham baixos teores relativos de sólidos em suspensão e para verificar a eficiência de remoção de matéria orgânica do processo, no caso em que os efluentes devam ser lançados em corpos d'água. A DQO é determinada realizando-se uma oxidação, em meio ácido, com dicromato de potássio. O excesso de dicromato, que não reagiu com a matéria orgânica, é, posteriormente, titulado com sulfato ferroso amoniacal ou determinado colorimetricamente. A DBO é determinada inoculando-se uma amostra por um período de cinco dias à temperatura de 20°C. A diferença entre o oxigênio dissolvido inicial e o final fornece a DBO₅.
- **Sulfatos e Sulfetos:** os sulfetos, na digestão anaeróbia, podem resultar da sua entrada junto com o efluente e/ou da redução de sulfatos e outros compostos do enxofre introduzidos no digestor. Os sulfatos são determinados através de turbidímetro e os sulfetos através do método colorimétrico.
- **Coliformes fecais e totais:** são indicadores da contaminação da água por agentes patogênicos. A medida desse item é importante para verificar o grau de remoção de patogênicos do esgoto a ser lançado no corpo d'água, pós tratamento. A determinação dos coliformes fecais e totais é realizada através da técnica de substrato enzimático.

6 LABORATÓRIO PARA CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA E TRATAMENTO DO ESGOTO

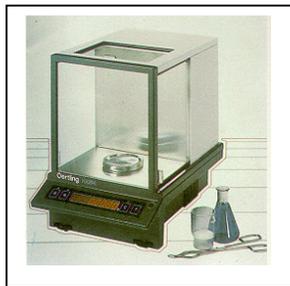
6.1 Equipamentos



- **Agitador Magnético:** equipamento utilizado para preparar análises que necessitam de misturas homogêneas, com agitação constante, com ou sem aquecimento.



- **Auto Clave:** equipamento utilizado para esterilização de vidraria para análise bacteriológica, meios de cultura e cartelas utilizadas em análises bacteriológicas.



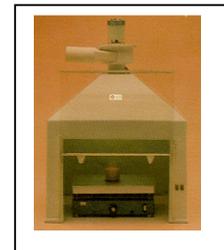
- **Balança Analítica Eletrônica:** equipamento utilizado para pesagem, com precisão, de reagentes sólidos e líquidos, para preparação de soluções químicas, pesagem de sólidos totais e voláteis, após tratamento na mufla.

- **Banho Maria:** equipamento utilizado para preparação de amostras, através de aquecimento por água, para análises no laboratório.



- **Bomba a Vácuo:** equipamento utilizado para filtração a vácuo, mais rápida e eficiente do que o processo normal de filtração.

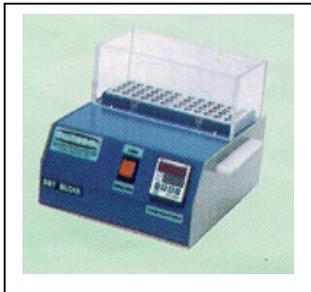
- **Capela de exaustão de gases:** equipamento utilizado para eliminar vapores, gases tóxicos, na preparação e fervura de amostras ou preparação de reagentes que liberam vapores tóxicos.





- **Deionizador leito separado:** equipamento utilizado para purificação da água a ser utilizada no preparo de reagentes e lavagem de vidrarias.

- **Destilador:** equipamento utilizado para obter água pura, pela evaporação, para o preparo de reagentes, lavagem de vidrarias e diluição de amostras.



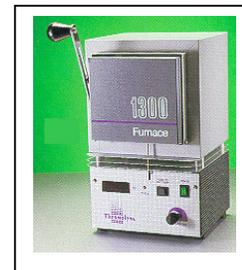
- **Digestor com controle de temperatura:** equipamento utilizado na verificação da demanda de oxigênio, pela matéria orgânica, através de reações químicas, por aquecimento.

- **Estufa para cultura bacteriológica:** equipamento utilizado para manter cartelas ou tubos de ensaio com amostras a serem analisadas, na temperatura de 35°C e no tempo desejado.



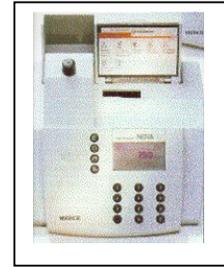
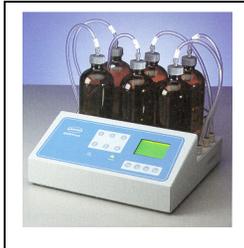
- **Estufa para esterilização e secagem:** equipamento utilizado para secar e esterilizar vidrarias.

- **Forno mufla:** equipamento utilizado para análises de amostras de esgoto, na verificação de sólidos totais e voláteis a altas temperaturas (até 1.200°C)



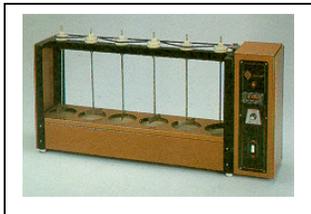
- **Dessecador:** equipamento de vidro utilizado para secar sais utilizados na preparação de reagentes e manter amostras isoladas do ar para, após, serem pesadas.

- **Fotômetro:** equipamento utilizado para ler amostras nos mais diferentes tipos de análises, através da espectrofotometria.



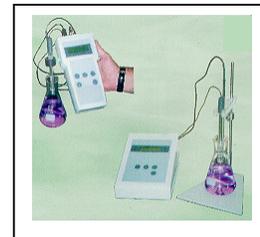
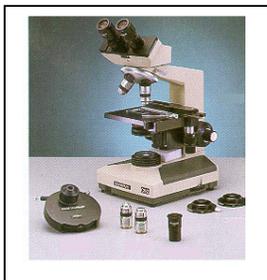
- **Sistema para determinação de DBO:** equipamento que mede, através de variação de pressão, a demanda bioquímica de oxigênio utilizada pelas bactérias, em frasco analítico, num período de cinco dias. A amostra deve ser conservada em geladeira, na temperatura constante de 20°C.

- **Turbidímetros:** equipamento utilizado para medir a turbidez. A unidade de medida é o UNT (unidade nefelométrica de turbidez).



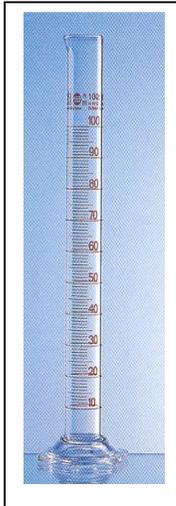
- **Teste de Jarros:** equipamento utilizado para ensaios de floculação e decantação em amostras de água bruta, com o objetivo de determinar a dosagem adequada de coagulante a ser utilizado no tratamento da água.

- **Medidores de pH:** equipamento utilizado para medir o pH, através do método potenciométrico.



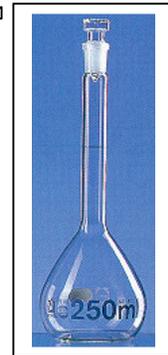
- **Microscópio:** equipamento utilizado para identificação e quantificação de microorganismos, tais como algas e bactérias.

6.2 Vidraria



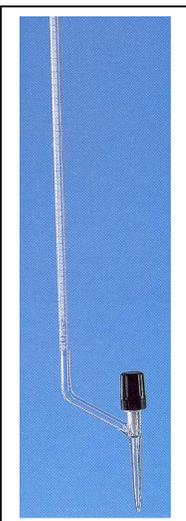
- **Proveta:** são recipientes em forma cilíndrica que servem para a medição de líquidos através da utilização de uma escala de volume. São menos precisas que as pipetas graduadas; as mais comumente usadas são as de 10, 50, 100, 250, 500 e 1000 ml.

- **Balão Volumétrico:** são frascos volumétricos construídos para conter volume exato de um líquido; são recipientes com forma de pêra, fundo chato e gargalo comprido providos com tampa esmerilhada. O volume final é marcado com uma fina linha traçada em torno do gargalo a uma altura apropriada; os mais comumente usados são os de 50, 100, 250, 500, 1000 e 2000 ml.



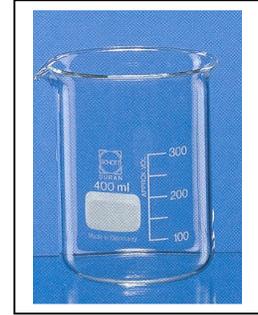
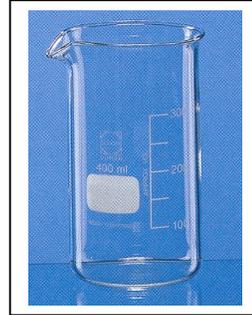
- **Erlenmeyer:** São frascos cônicos que facilitam a agitação durante o processo de titulação; são também usados para armazenar líquidos quando em aquecimento; podem ser graduados ou não, porém, não são instrumentos de medida; os mais utilizados são de 100, 250, 500 ml.

- **Frascos Reagentes:** são recipientes usados, normalmente, para armazenar soluções reagentes de concentração conhecida; são fabricados em vidro incolor ou âmbar providos de tampa com rolha esmerilhada (para soluções fortemente alcalinas, a tampa deve ser de borracha); devem apresentar resistência térmica e inércia química; os mais usados são os de 125, 250, 500, 1000 e 2000 ml. Os de 125 e 250 ml são também usados em bacteriologia, sendo os primeiros como frascos de diluição e os outros como de coleta.



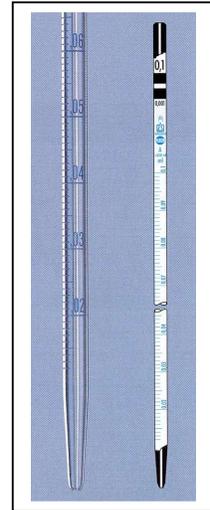
- **Bureta:** a bureta consiste de um tubo cilíndrico uniformemente calibrado em toda a extensão da escala graduada, provido na extremidade inferior de um dispositivo apropriado para controlar a vazão do líquido; comumente é utilizado com torneira.

- **Copos (Bequer):** são copos utilizados como auxiliares em operações para conter líquidos no laboratório. Devem apresentar resistência térmica e podem ser graduados, porém não são aparelhos de medida. Existem dois tipos de copos, os de forma alta e os de forma baixa. Os mais comuns são os de 50, 100, 250, 500, 1000 e 2000 ml.



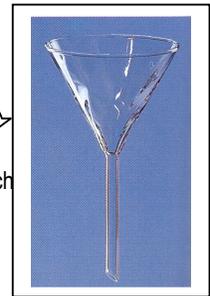
- **Pipetas:** servem para livrar volumes líquidos definidos. Existem duas diferentes categorias:

Pipetas Graduadas: servem para livrar volumes variáveis, possuindo escalas adequadas de acordo com o seu volume. As mais utilizadas são as de 1, 2, 5, 10 e 20 ml com divisões de 0,1 ml.

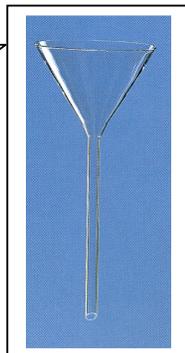


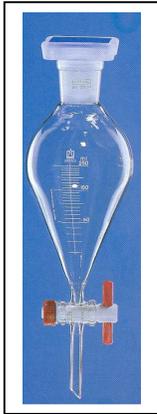
Pipetas Volumétricas: são tubos de vidro, expandidos cilíndricamente na parte central, feitas para livrar um único volume exatamente definido, tem a marca de graduação na parte superior acima do bulbo. As mais utilizadas são as de 1, 2, 5, 10, 20, 50 e 100 ml.

- **Funil Comum:** são fabricados em vidro ou material plástico, com haste curta e usados para enchimento para filtrações comuns; sem precisão analítica.

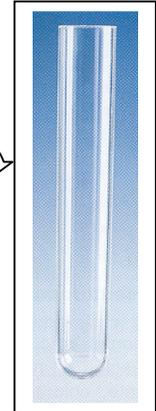


- **Funil Analítico:** são fabricados em vidro e têm haste longa, própria para colunas de água que facilitam a filtração; podem ter ranhuras internas para proporcionar uma filtração mais rápida.





- **Funil de Separação:** são fabricados em vidro, têm tampa de vidro com boca esmerilhada, podem ter torneira de vidro ou de teflon; são usados em extrações e separação de fases, principalmente. Os mais usados são de 60, 125, 250, 500, 1000 e 2000 ml.



- **Tubos de Ensaio:** são tubos de vidro, resistentes ao calor e quimicamente estáveis, usados principalmente em bacteriologia, na cultura de microorganismos em meios líquidos. Com esta finalidade devem ser sem bordas; são usados também em ensaios químicos. As dimensões mais comuns são 18 X 180 mm e 13 X 100 mm.



- **Kitazato:** são frascos de vidro sem graduação, sendo os mais comuns com saída superior, usados em filtração sob pressão reduzida fornecida por uma bomba ou linha de vácuo; os mais comuns são de 250, 500, 1000 e 2000 ml.



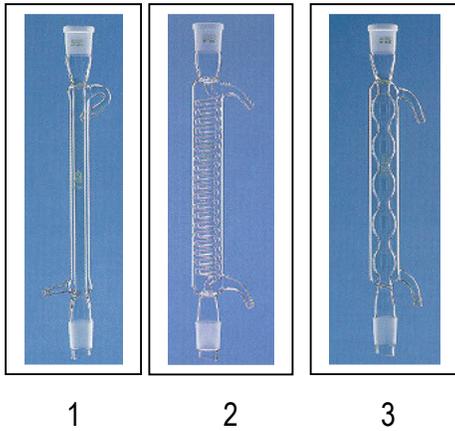
- **Cápsula:** as mais usadas são aquelas fabricadas em porcelana ou platina; servem para evaporação em banho-maria.



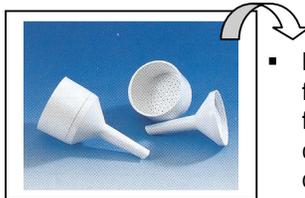
- **Gral e Pistilo:** usado na fina pulverização de substâncias sólidas (materiais duros); pode ser fabricado em ágata, mulita (material cerâmico, homogêneo, muito duro) ou safira sintética (óxido de alumínio puro).



- **Barrilete para Água Deionizada/Destilada:** serve para armazenar água deionizada ou destilada em laboratório; pode ser fabricado em vidro ou plástico; a torneira para retirada da água pode ser também de vidro ou plástico; deve ser provido de tampa; os mais usados têm capacidade para 10, 20 ou 50 litros.

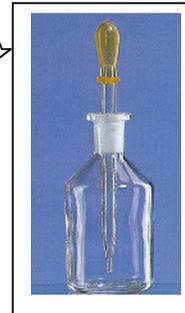


- **Condensadores:** é um equipamento de vidro usado para condensar os vapores formados nos processos de destilação ou refluxo; o condensador de Liebig (1) consiste de um tubo reto de vidro circundado por uma jaqueta de vidro selada a ele; é também chamado de condensador de West; o condensador de Graham (2) tem uma espiral ou serpentina de vidro internamente por onde passa o vapor a ser condensado; o condensador de Allihn (3) tem o tubo de condensação formado por uma série de bulbos que aumentam a superfície de condensação e diminuem a resistência à passagem de vapores quando usado para refluxo; os condensadores mais usados têm 30, 40, 50 e 60 cm de comprimento.



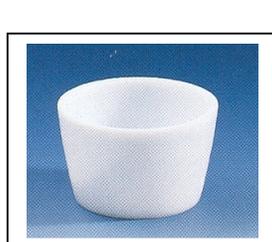
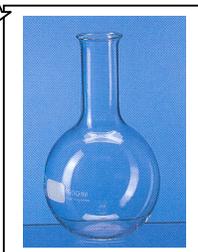
- **Funil de Buchner:** são usados para filtrar grandes quantidades de material, sendo que a filtração é realizada sob pressão reduzida; são acoplados ao frasco KITAZATO; podem ser fabricados em porcelana, plástico ou vidro; a placa pode ser furada ou ranhurada para colocação de papel filtro ou podem ser fabricadas em vidro sinterizado (dispensando o uso de papel filtro); o funil deve ter tamanho apropriado para ser ajustado ao frasco Kitazato.

- **Frasco Conta Gotas:** são frascos geralmente de vidro, âmbar ou claro, usados para gotear substâncias reagentes, numa marcha analítica; os mais comuns são de 125 e 150 ml.



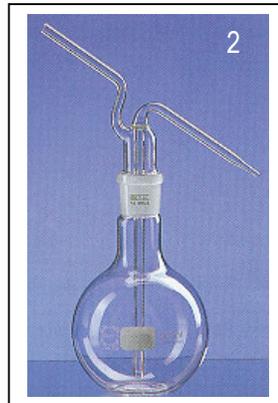
- **Placas de Petri:** são fabricadas em vidro, devem ter transparência perfeita e ser resistentes aos métodos químicos e térmicos de esterilização; servem para o desenvolvimento de microorganismos em meio sólidos; as mais usadas são de 100 X 20 mm e 100 X 15 mm.

- **Balão de Fundo Chato:** são fabricados em vidro e servem para diluição e dissolução de reagentes que não exigem um volume final de solução preciso; servem também para o resfriamento de interações químicas exotérmicas; os mais usados são de 1000 e 2000 ml.

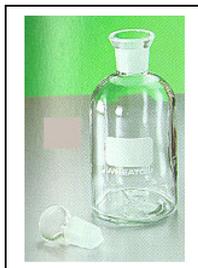


- **Cadinho:** são usados na calcinação de precipitados e no aquecimento, quando necessário até o ponto de fusão, de pequenas quantidades de sólidos; podem ser fabricados em porcelana ou metal; podem ser apresentados com forma alta ou baixa; quando fabricado com fundo de vidro sinterizado pode ser usado para filtração.

- **Pesa Filtro:** são frascos de pesagem, apresentados na forma alta e baixa; servem para pesar precipitados, substâncias sólidas e líquidas por diferença.

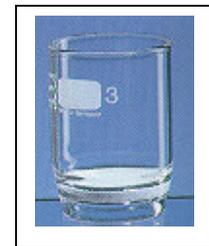


- **Frasco Lavador:** são frascos providos de um dispositivo para emitir um jato fino (diâmetro apropriado do orifício é de 1 mm) da água deionizada ou outro líquido que se use para transferir ou lavar precipitados; podem ser de plástico (1) ou de vidro (2); os frascos lavadores de plástico só devem ser utilizados para líquidos frios; nos frascos lavadores de vidro, ao se empregar líquidos quentes, o gargalo deve ser isolado com fio de amianto, espuma de borracha, placa fina de cortiça ou outro material isolante de calor; nos frascos lavadores de vidro se usa uma rolha de borracha e os tubos de vidro acima desta rolha devem ficar na mesma linha reta e no mesmo plano; para uso com solventes orgânicos que ataquem a borracha, o frasco lavador deve ser todo de vidro com juntas esmerilhadas.



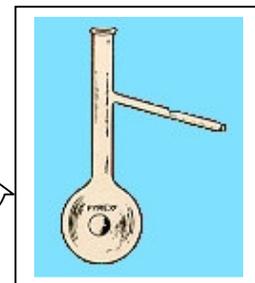
- **Frasco DBO:** são frascos de vidro com volume definido e tampa de vidro biselada esmerilhada, têm selo hidráulico no gargalo, servem para testes de demanda bioquímica de oxigênio.

- **Jarros:** são recipientes cilíndricos ou retangulares usados para testes de floculação; podem ser fabricados em vidro ou acrílico, sendo que os mais utilizados são aqueles com capacidade de 500, 1000 ou 2000 ml.



- **Vidro de Relógio:** são recipientes que servem como suporte de pesagem de pequenas quantidades e, também, como tampa em frascos que contenham amostras que devem ser preservadas do contato com o ambiente durante um curto espaço de tempo, como na formação de precipitados, no envelhecimento de soluções, etc.

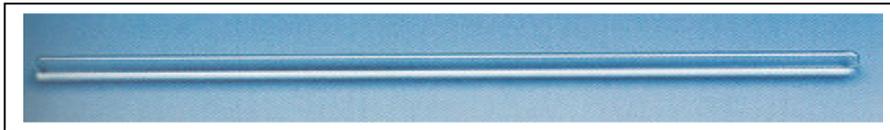
- **Balão de Destilação:** são balões de vidro que contêm a amostra a ser destilada; podem ter fundo redondo ou chato, com saída lateral em um ângulo adequado; devem apresentar resistência térmica e mecânica; os mais utilizados são os de 125, 250, 500, 1000 e 2000 ml.





- **Funil para Sólidos:** são funis comuns, porém sem haste, usados na transferência de material sólido para recipientes com boca estreita; podem ser de vidro ou plástico e devem ter tamanho adequado.

- **Bastão de Vidro:** são usados para agitar soluções e auxiliar na transferência de precipitados e líquidos de um recipiente para outro; quando adaptados com uma borracha em uma das extremidades, servem para a limpeza de recipientes e transferência quantitativa de sólidos e líquidos.

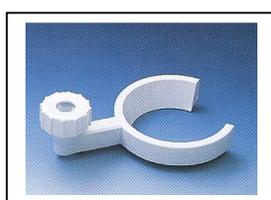
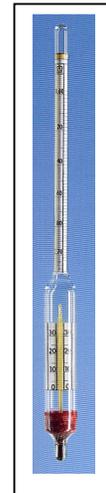


6.2.1 Acessórios



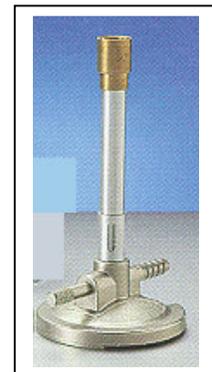
- **Suporte:** são constituídos de uma base geralmente retangular, e uma haste fixa nesta base; podem ser fabricados em ferro ou aço inoxidável e servem para sustentar buretas, funis de separação, etc., quando usados em conjunto com agarradores e/ou anéis de sustentação.

- **Densímetro:** são usados para determinar a densidade de soluções; são fabricados em vidro e têm uma escala adequada segundo a solução cuja densidade devem medir.

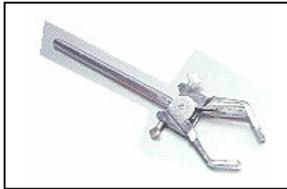


- **Anel de Sustentação:** servem para sustentar funis de separação, funis comuns e analíticos; o diâmetro deve ser adequado ao tamanho do material a sustentar; devem ser fixados a um suporte com haste ou similar.

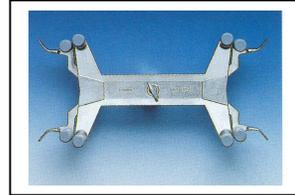
- **Bico de Bunsen:** são utilizados para aquecimentos em laboratório onde se deseja atingir temperaturas moderadamente elevadas; a temperatura máxima pode ser atingida através do ajuste de entrada de ar, de modo a se admitir mais ar do que o necessário para a produção de uma chama luminosa; para a máxima eficiência é essencial que o queimador seja específico para o tipo de gás a ser usado (gás natural, GLP) ou que permita ajustes para cada tipo de combustível gasoso.



- **Agarrador:** são dispositivos que servem para fixar buretas e outros materiais; usados com o auxílio de adaptadores que os prendem a um suporte; podem ser do tipo simples (1), com parafuso de ajuste e mola para segurar qualquer objeto, ou duplo (2) com adaptador próprio para suporte.



1

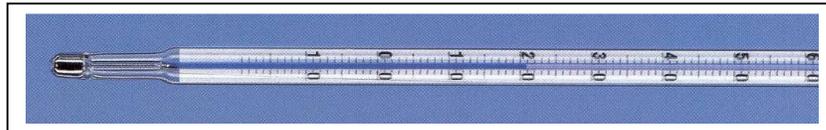


2

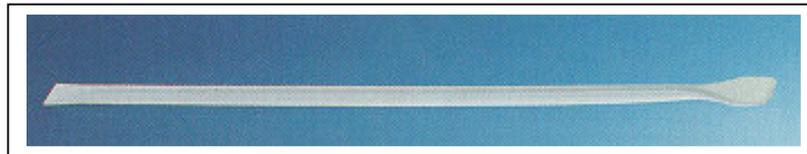


- **Pêra de Sucção – Pipetador:** são constituídas de uma única peça moldada em borracha sintética, permanentemente fechada por três válvulas que, acionadas, dão controle de pressão; são adaptadas na extremidade superior da pipeta com a finalidade de pipetar líquidos cáusticos, corrosivos, voláteis, etc.

- **Termômetro:** são fabricados em vidro, podendo ter álcool colorido ou mercúrio como substância expansível indicadora de temperatura; são largamente usados em laboratório naquelas análises que exigem a determinação de temperatura da amostra bem como a do ambiente; a escala do termômetro é escolhida em função da necessidade do serviço.

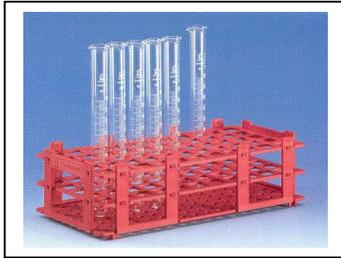
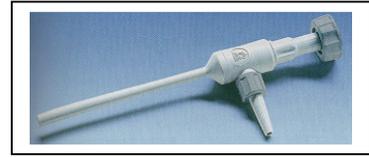


- **Espátula:** servem para transferir materiais sólidos de um frasco a outro principalmente durante a pesagem dos mesmos, bem como em outros procedimentos de laboratório; em função do material a ser manipulado; podem ser de madeira, plástico ou aço inoxidável.



- **Tenaz:** servem para manusear materiais aquecidos bem como aqueles levados a peso constante durante um procedimento analítico; são fabricadas em metal sendo que o formato e o tamanho devem ser adequados ao material a ser manipulado.

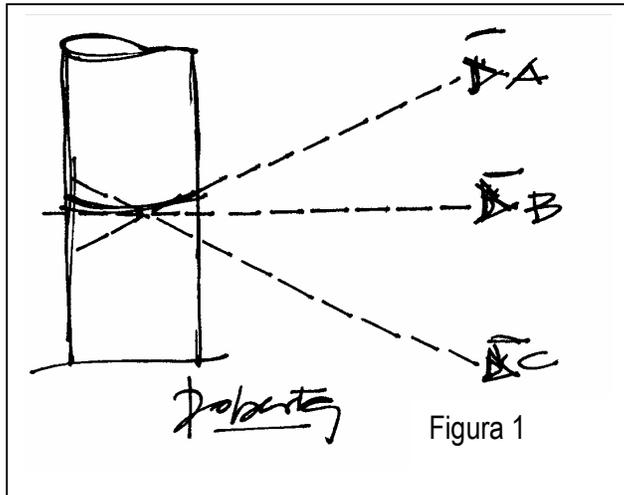
- **Trompa de Vácuo a Água:** podem ser equipadas com registro para interrupção do vácuo; são usadas nos processos de filtração a pressão reduzida em conjunto com o funil de buchner e o frasco kitazato.



- **Grade:** são usadas para armazenar tubos de ensaio ou outros materiais semelhantes em estufas, refrigeradores; apresentam vários tamanhos e formatos conforme as necessidades; podem ser fabricadas em madeira, arame plastificado, etc.

6.3 Operações Básicas

6.3.1 Medidas de Volume

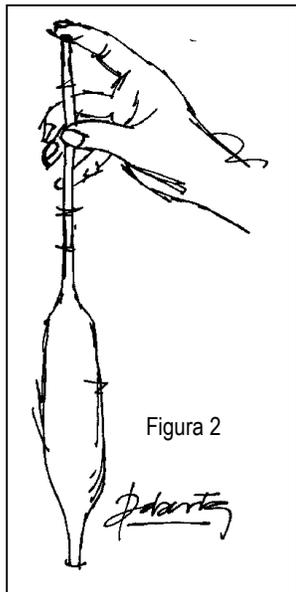


Para realizar uma operação de medida de volume de um líquido, considerar quanto a escolha adequada do aparelho que servirá de veículo de medida (no que tange à precisão e ao volume), técnica de medida e temperatura da operação. Os aparelhos mais usados em análise para medida de volumes são as provetas, os balões volumétricos, as pipetas e as buretas. As provetas e pipetas graduadas são usadas para medidas aproximadas, enquanto que os balões e pipetas volumétricas para medidas precisas e as buretas para livrar volumes líquidos com exatidão. A capacidade de um recipiente de vidro varia com a temperatura, bem como o volume de uma dada massa de um líquido. Consequentemente, uma acurada medida de volume requer que ambos os efeitos mencionados sejam considerados. Quanto à técnica de medida, devemos considerar que a superfície de um líquido confinado em um tubo não é

plana, pois em virtude da tensão superficial ela exhibe uma curvatura denominada de menisco. O menisco é plano-côncavo. Normalmente, utiliza-se o ponto mais baixo do menisco na calibração e uso dos aparelhos de medida. A posição aparente do menisco em relação à marca do recipiente depende da posição do olho do observador (Fig. 1). Quando o nível de visão não coincide com a marca que determina o volume, a leitura é afetada por erro de paralaxe. Na figura 1 a posição B é a correta, a posição C, determina a leitura de um volume maior que o correto.

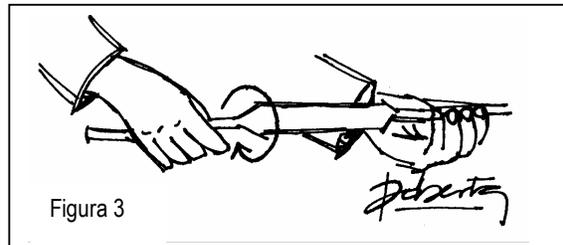
6.3.2 Pipetar

Esta técnica é empregada para pipetas graduadas e volumétricas. Antes de empregá-la, verificar se o líquido a ser pipetado não apresenta propriedades tóxicas, voláteis ou corrosivas. Se, de alguma forma, o líquido for nocivo ao ser ingerido ou mesmo em contato com a pele, jamais usar a boca para pipetar e sim uma fonte de vácuo. Inicialmente, inserir a ponta da pipeta no líquido segurando-a com a mão esquerda, aspirar um pequeno volume do líquido para dentro da pipeta, tomando cuidado para que esta permaneça abaixo da superfície do líquido (Fig. 1).



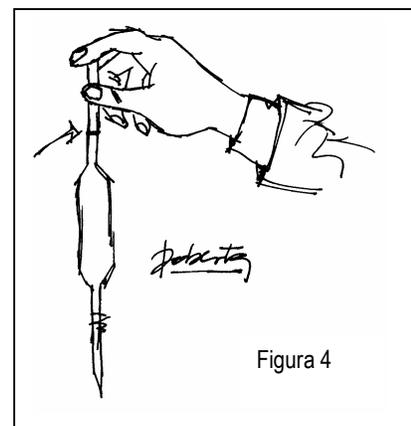
Parar de aspirar e colocar o dedo indicador na extremidade superior da pipeta de modo que impeça o escoamento do líquido. Conforme figura 2, colocar o instrumento na posição horizontal e girá-lo várias vezes através de seu próprio eixo, de tal forma que ocorra o contato do líquido com as paredes internas do recipiente (Fig. 3).

Após, deixar o líquido escoar desprezando-o; mergulhar novamente a ponta da pipeta e aspirar o líquido até um volume superior (maior) ao desejado; sem retirar a pipeta do interior do líquido, parar de aspirar e impedir o escoamento utilizando o dedo indicador na parte superior.



Retirar a pipeta do líquido mantendo-a na posição vertical; eliminar o excesso de líquido que, porventura, tenha ficado aderido na parte externa inferior da pipeta com o auxílio de um papel absorvente (papel filtro).

Através de movimentos suaves, aliviar a pressão aplicada com o indicador, permitindo o escoamento do líquido até que o menisco atinja a marca que define o volume; neste momento, aplicar nova pressão impedindo o escoamento (Fig. 4).



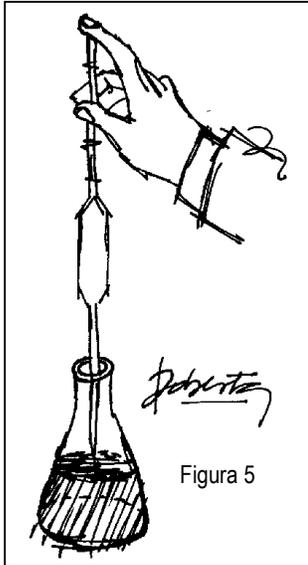


Figura 5

Encostar a ponta da pipeta na parede do recipiente que receberá o líquido medido e retirar o indicador, permitindo que o líquido esorra, aguardando aproximadamente trinta segundos (Fig. 5). Lavar a pipeta e deixar o líquido de lavagem escorrer, colocando-a em um suporte adequado.

6.3.3 Titular

O processo de titulação é usado em técnicas de determinação volumétrica e consta, basicamente, da adição de uma solução padrão, gota a gota, a uma amostra sob agitação constante. Esta técnica é realizada com o auxílio de uma bureta e o ponto final da reação é dado através da visualização da mudança de coloração de um indicador adequado ou através de um medidor de pH. Na titulação, a solução contendo o constituinte a determinar é transferida para um frasco Erlenmeyer ou similar. Sempre que se vai iniciar a titulação é necessário fazer a preparação da bureta, que devidamente limpa, é fixada em posição vertical a um suporte adequado. Iniciar lavando a bureta com pequenas porções da solução padrão a ser usada, adicionadas através de um funil (ou recipientes apropriados). Fazer esta operação duas ou três vezes, onde cada porção é escoada completamente antes da adição da seguinte (Fig. 1).

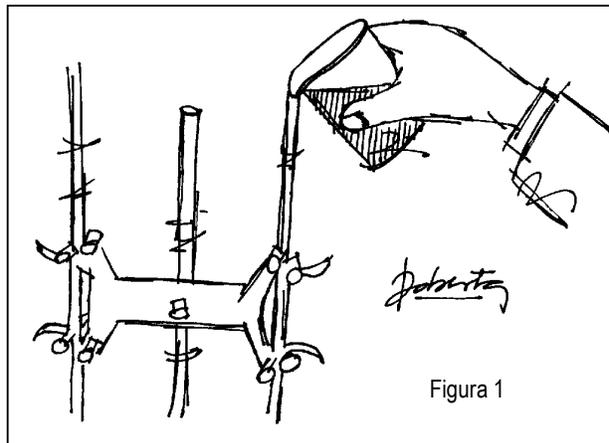


Figura 1

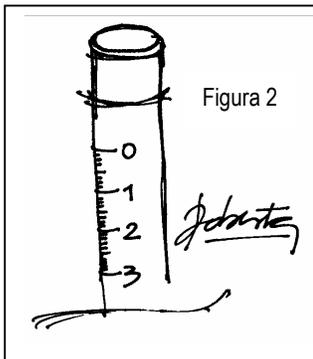
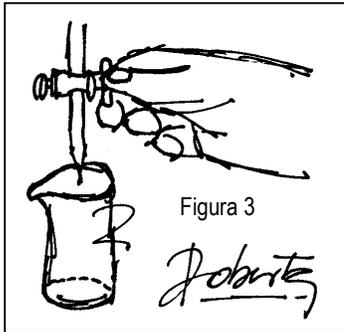
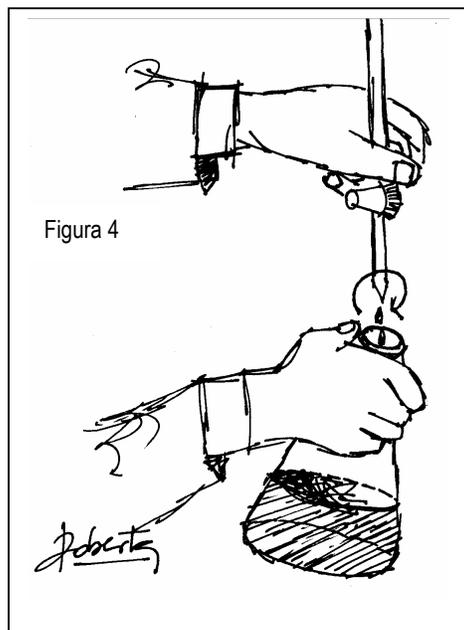


Figura 2

A seguir, deixar a torneira da bureta fechada e, cuidadosamente, proceder ao enchimento da mesma (com o auxílio de um funil ou copo) até acima da marca zero (Fig. 2)



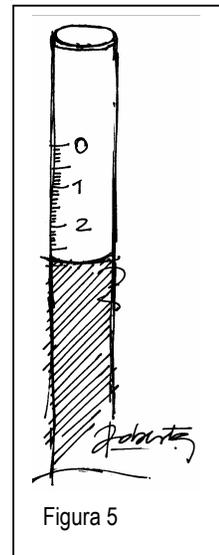
Acertar o volume da bureta na marca zero, abrindo a torneira e deixando a solução escoar até que o menisco atinja a marca desejada. A bureta deve ficar completamente cheia, da marca zero até a ponta. Se ocorrer a formação de bolhas de ar, abrir e fechar a torneira rapidamente e se necessário dar algumas batidas suaves até o desaparecimento da bolha (Fig. 3)



A seguir, se necessário, recolocar a solução padrão e proceder ao acerto do zero. Neste momento, a bureta está preparada para iniciar a titulação.

Para proceder à titulação propriamente dita, segurar o frasco que contém a amostra a ser titulada com a mão direita e posicioná-lo abaixo da ponta da bureta. A torneira será controlada com a mão esquerda, de tal forma que a solução padrão goteje com uma velocidade não superior a dez mililitros por minuto. O frasco que contém a amostra deve ser continuamente agitado (Fig. 4).

Quando se aproximar o ponto final, é recomendável fracionar as gotas. Para isso, girar a torneira lentamente e deixar fluir apenas uma fração de gota. No momento em que ocorrer a indicação do ponto final (mudança de coloração característica do indicador ou PH desejado), fechar a torneira rapidamente e anotar o volume gasto da solução padrão (Fig. 5). Nas titulações em que o ponto final é acusado por mudança de coloração, o recipiente contendo a amostra deve ser colocado sobre um



fundo branco (por exemplo, um azulejo). Quando o ponto final é indicado pelo aparecimento de uma turvação, é recomendável fazer a visualização contra um fundo preto (por exemplo, um azulejo ou cartolina escura). Quando o ponto final é determinado pela medida de pH, usar um medidor de pH adequado.

6.3.4 Pesar – Balança Analítica

Um dos instrumentos mais importantes de um laboratório de análises químicas é a balança; portanto, é fundamental que os princípios da teoria e da construção deste equipamento sejam compreendidos.

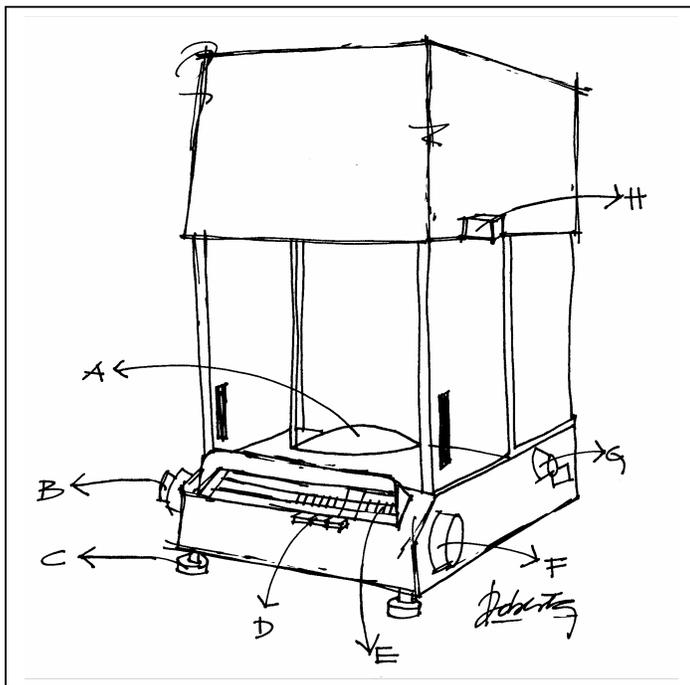
Qualquer que seja o tipo de balança analítica a utilizar é necessário prestar a devida atenção ao modo de operá-la e considerar cuidadosamente os seguintes aspectos:

1. a balança deve ser colocada sobre uma bancada apropriada, livre de vibrações mecânicas o quanto possível. É recomendável manter as balanças em uma sala própria, a fim de protegê-las de fungos; devem ficar localizadas em um ambiente livre de correntes de ar e de luz solar direta;
2. quando estiver sendo usada, manter a balança travada (travessão levantado, de modo a proteger as arestas dos cutelos e os planos de suporte) e com as portas fechadas;
3. a balança deve estar nivelada; este ajuste pode ser feito com o auxílio dos parafusos de nivelamento; observar o nível de bolha localizado normalmente na base do instrumento;
4. para destravar o instrumento, operar suavemente;
5. os objetos a serem pesados devem estar à temperatura ambiente e serem colocados no centro do prato da balança; a mesma recomendação se aplica aos pesos na balança de dois pratos;

6. a manipulação dos pesos em uma balança que não seja de dial, deverá ser feita com uma pinça adequada;
7. manter a balança travada quando adicionar ou remover objetos da mesma, o mesmo critério deve ser utilizado quando da alteração dos pesos de uma balança de prato único operada por dial;
8. jamais colocar sobre os pratos da balança reagentes ou objetos que os possam danificar; as substâncias devem ser pesadas em recipientes adequados (Bequer, pesa filtro, cadinho, vidro de relógio, etc.); líquidos e sólidos higroscópicos ou voláteis devem ser pesados em frascos com tampa;
9. a capacidade máxima da balança não deve ser ultrapassada;
10. ao terminar a pesagem, remover qualquer substância que tenha acidentalmente caído sobre o prato ou a base do instrumento; para tal, usar pincel de pelo de camelo ou similar;
11. quando notar algum desajuste no equipamento, comunicar ao técnico responsável; Não mexer nos ajustes internos da balança;

Para realizar o processo real da pesagem, proceder como segue:

- sentar numa posição frontal à balança;
- limpar o prato suavemente (usar o pincel de pelo de camelo), a fim de remover alguma poeira;
- verificar se a balança está nivelada;
- destravar suavemente a balança e verificar se o instrumento está zerado; em caso negativo, proceder ao ajuste utilizando o dispositivo próprio;
- travar o equipamento e colocar o objeto sobre o prato e fechar as portas da balança;
- colocar a balança em posição de pré-pesagem e obter o peso aproximado na escala móvel (nesta posição a leitura obtida na escala é em gramas);
- travar a balança e selecionar os pesos de grama apropriados (obtidos no item anterior); utilizar os quadrantes adequados;
- destravar o equipamento e obter o peso com precisão de décimos de miligrama (0,1 mg). Se caso a divisão da escala móvel (luminosa) não coincidir com o traço fino no lado direito da mesma, isto requererá o ajuste do controle de micrômetro, a fim de permitir a leitura da quarta casa decimal (0,1 mg);
- quando a operação de pesagem estiver completa, travar a balança;
- retornar os pesos ao suporte, levando o dial a zero; remover adequadamente o objeto que acaba de ser pesado, limpar alguma coisa que tenha acidentalmente entornado e fechar as portas da balança.

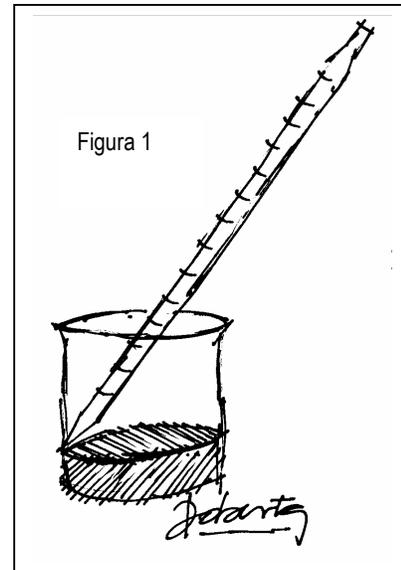


Legenda:

- A) prato da balança;
- B) comutador de pesos;
- C) parafusos de nivelamento;
- D) dispositivos de pré-pesagem, trava e pesagem;
- E) escala de leitura de pesos;
- F) micrômetro;
- G) botão de ajuste do zero;
- H) nível de bolha.

6.3.5 Precipitar

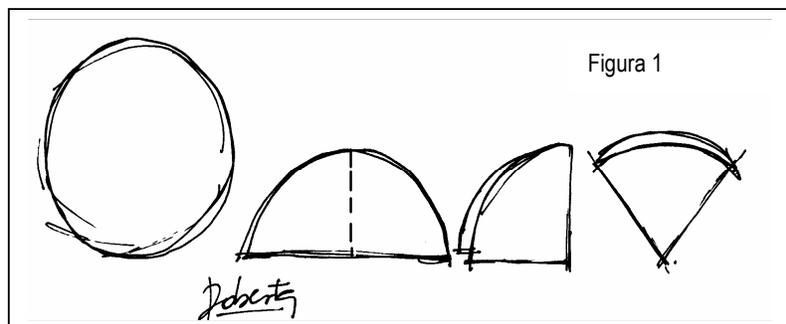
As precipitações podem ser realizadas em bequer de vidro resistente e a solução de precipitante deve ser adicionada lentamente com agitação eficaz da solução adequadamente diluída. A adição deve ser feita sem projeções, de tal forma que a solução do reagente escorra pelos lados do bequer ou outro recipiente de precipitação. Geralmente, só é necessário um ligeiro excesso de reagente, um grande excesso pode provocar um aumento de solubilidade ou a contaminação do precipitado. Após a decantação do precipitado, adicionar sempre algumas gotas do precipitado para verificar a possível ocorrência de precipitação adicional. Em geral, os precipitados não são filtrados imediatamente após a sua formação. A maioria deles, com exceção dos que são definitivamente coloidais (por exemplo: hidróxido de ferro III), requerem uma digestão mais ou menos prolongada para complementar a precipitação e fazer com que todas as partículas adquiram um tamanho adequado à filtração. Em alguns casos a digestão é efetuada deixando o bequer em repouso e o precipitado em contato com a água-mãe à temperatura ambiente por 12 a 24 horas ou, quando é admissível temperaturas elevadas, a digestão pode ser feita próxima ao ponto de ebulição da solução. Para este fim, podem ser usadas chapas de aquecimento, banhos-maria e até mesmo uma chama branda nos casos em que não ocorram movimentos bruscos do precipitado; em todas as formas o bequer deve ficar coberto com um vidro de relógio com o lado convexo voltado para baixo.



6.3.6 Filtrar

O objeto desta operação é separar o precipitado da água-mãe quantitativamente. Os meios de filtração podem ser: papel filtro, leitos filtrantes de amianto purificado (cadinhos de Gooch) ou de platina (cadinhos de Munroe), placas porosas sinterizadas, etc.

O tamanho do papel filtro é determinado em função do volume de precipitado e não pelo volume de líquido a ser filtrado. O precipitado deverá ocupar cerca de um terço da capacidade do filtro no final do processo. O funil deve ser apropriado para o tamanho do papel que deve ficar de 1 a 2 cm da borda do funil, mas nunca a menos do que um (1) cm. Deve ser usado um funil que tenha um ângulo de 60°; a haste deve ter um comprimento de cerca de 15 cm, a fim de efetuar uma filtração rápida. O papel deve ser ajustado ao funil, de modo que sua porção superior fique aderida ao vidro. Alguns recomendam que o papel repouse na parede do filtro, integralmente. Porém, um papel de filtro que fique aderente ao funil apenas da meia altura para cima permitirá uma filtração rápida. Para preparar o papel filtro para uso, dobrá-lo exatamente ao meio, dobrar novamente ao meio ficando com um quarto do tamanho inicial. Abrir o papel de modo a obter um cone de 60° (Fig. 1).



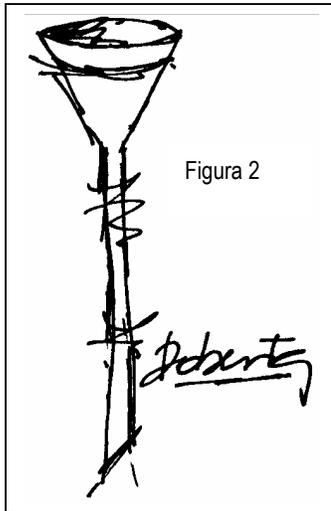


Figura 2

Ajustar o papel ao funil. Molhar o papel e pressionar sobre o lado interno do funil e encher com água destilada ou deionizada. Se o papel estiver bem ajustado, a haste do funil ficará cheia durante a filtração (Fig. 2)

Outro método de dobrar o papel, que é preferível ao que foi descrito acima, consiste em dobrar o papel ao longo de seu diâmetro e depois uma vez mais, de tal forma que as duas metades não coincidam perfeitamente (os dois bordos superiores devem formar um ângulo de 3 a 4° para um funil de 60°), rasgar um dos cantos do papel até um terço de seu raio. Quando este filtro é aberto e colocado no funil deve se ajustar sobre o vidro somente na sua metade superior, caso não se adapte perfeitamente, o ângulo da segunda dobra deverá ser ajustado até que a adaptação seja perfeita. Aqui também o teste para o ajuste perfeito é o de que a haste permaneça cheia de líquido durante toda a filtração (Fig. 3).

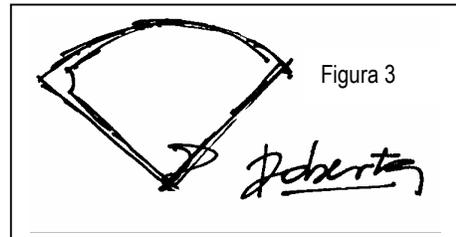


Figura 3

Para fazer a filtração, o funil que contém o papel é fixado a um suporte adequado. Na parte

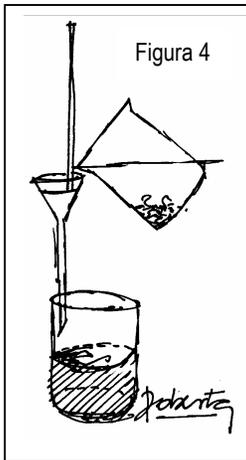


Figura 4

inferior do funil posicionar um bequer de tal forma que a haste fique encostada na parede interna do mesmo, evitando que o filtrado salpique. O líquido a ser filtrado deve ser entornado com o auxílio de um bastão de vidro para dentro do filtro sendo dirigido para o lado e não para o fundo (ápex) do filtro. A ponta do bastão deve ficar próxima, mas não tocar no papel de filtro (Fig. 4). Nunca encher completamente o funil de papel com a solução; o nível do líquido não deve ultrapassar de 5 a 10 mm do topo do papel. O precipitado que permanecer no fundo do copo deve ser removido do seguinte modo: segurar o bastão de vidro atravessado na boca do bequer, inclinando-o sobre o funil. Dirigir um jato de água com o auxílio de um frasco lavador de modo que a água arraste o precipitado para dentro do funil (Fig. 5).

Se o precipitado ficar aderido nas paredes do bequer ou no bastão de vidro, remover com o auxílio de um bastão cuja extremidade possui um curto pedaço de teflon ou de borracha bem junto à parede de vidro, esta proteção é denominada de policial. Este bastão não é empregado para a agitação, nem deve ser deixado imerso na solução. Esfregar, suavemente, este bastão nas paredes onde o precipitado estiver aderido e com o auxílio de jatos de água passar para o funil de papel (Fig. 6). Fazer esta operação até a remoção completa do precipitado. Após a filtração retirar, o papel filtro contendo o precipitado e proceder conforme o tipo de análise que estiver sendo realizada.

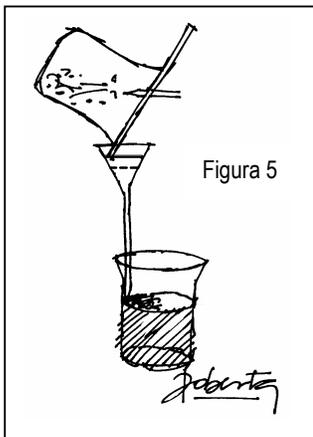


Figura 5

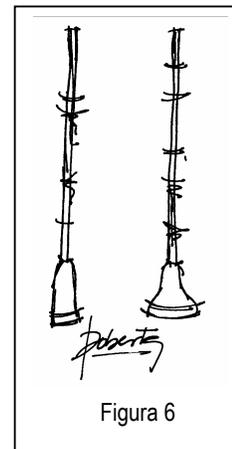


Figura 6



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Catálogos diversos de fabricantes de equipamentos, acessórios e materiais de tratamento e laboratório.

DI BERNARDO, Luiz et al. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: Rima, 2002.

FREITAS, Jacqueline Passuello & VERONEZE, Ellen. **Curso básico de operação de tanques "Ralp"**. ABES: Porto Alegre, 1999.

VIANNA, Marcos Rocha. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 3ª ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 2: Princípios básicos do tratamento de esgotos. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.

PÊSSOA, C. A. & JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos**. Volume 1 – 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES/BNH, 1982.