

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE - PB
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

"Características Físico-Químicas do Líquido
Percolado Através de Colunas de Brita"

ORIENTADORA

Annemarie König

ALUNO

Janailto Guedes Milanêz

Campina Grande, Novembro de 2000.



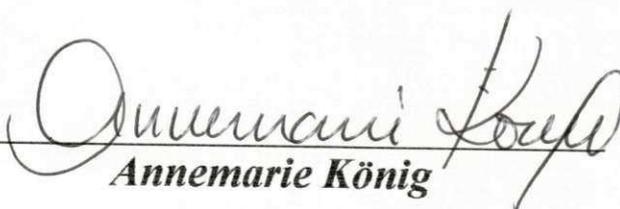
Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

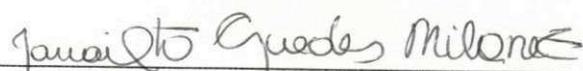
"Características Físico-Químicas do Líquido
Percolado Através de Colunas de Brita"

ORIENTADORA



Annemarie König

ALUNO



Janailto Guedes Milanêz

ÍNDICE

1.0. INTRODUÇÃO	04
2.0. OBJETIVOS	05
2.1. Objetivo Geral	05
2.2. Objetivos Específicos	05
3.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	06
3.1. Resumo Histórico das Rochas	06
3.2. Classificação das Rochas	06
3.3. Propriedades das Rochas	07
3.4. Agregados Utilizados na Construção	09
3.5. Águas Residuárias	14
3.6. pH	15
3.7. Condutividade Elétrica	15
3.8. Cálcio e Magnésio	15
3.9. Carbonatos e Bicarbonatos	16
3.10. Cloretos e Sulfatos	16
3.11. Sódio e Potássio	16
3.12. Alcalinidade	17
3.13. Preocupação com o Meio Ambiente	17
4.0. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Descrição do Sistema Experimental	19
4.2. Local de Coleta da Brita	19
4.3. Caracterização da Água Utilizada	19
4.4. Procedimento da Coleta das Amostras	20
4.5. Estatística Descritiva	21
5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1. Avaliação da qualidade da água destilada e poluída, com base em resultados dos parâmetros analisados	22
5.2. pH	23
5.3. Condutividade Elétrica	24
5.4. Alcalinidade Total	24
5.5. Dureza	24
5.6. Cloretos e Sulfato	25
5.7. Cálcio e Magnésio	25
5.8. Carbonato e Bicarbonato	25
6.0. CONCLUSÃO	26
BIBLIOGRAFIA	27
ANEXOS	28

INTRODUÇÃO

Em decorrência da alta qualidade, durabilidade, resistência e baixo custo, a pedra continua ocupando um importante papel na construção civil, principalmente em enrocamentos, destinados a proteger aterros ou estruturas que sofreram efeitos da erosão, fundações pouco profundas, lastro de vias férreas, pavimentos, agregados para concreto, filtros, cantaria e mais recentemente como material inerte para construção de “Wetlands”, que se constituem em um novo método para o tratamento de águas residuárias domésticas e águas superficiais poluídas.

Como ocupa grandes volumes, a pedra deve ser buscada próximo ao local da obra, com objetivo de não encarecer demasiadamente devido o seu transporte. Com isso, o engenheiro terá à sua disposição não exatamente o material de que gostaria, e sim aquele disponível.

Os estudos realizados sobre rochas são, portanto, justificados, pois o seu conhecimento possibilita a utilização daquelas que se tem à disposição, da melhor maneira possível, diminuindo o custo da obra e evitando erros que possam comprometer a estrutura.

O solo tem sido amplamente utilizado como um meio filtrante para promover o tratamento de águas residuárias de diferentes origens. Nestas condições a presença de diferentes materiais inertes como o solo, a areia e a brita, modifica as características do líquido percolado. No caso de tratamento de esgotos pela disposição sobre o solo, o líquido percolado irá se incorporar ao lençol freático, modificando a qualidade desta fonte de água subterrânea.

OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo investigar que modificações ocorrem nas características físico-químicas quando a água destilada e água superficial poluída percolam através de colunas plásticas que contém brita como material inerte, visto que estes são utilizados como material de enchimento de “Wetlands” construídos.

2.2. Objetivos Específicos

Avaliar as modificações das características físico-químicas do líquido percolado (água destilada e água superficial poluída) quando de sua passagem nas colunas de brita.

Determinar se essas modificações são função do tempo de contato do líquido percolado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Resumo Histórico das Rochas

Do ponto de vista da Geologia denominam-se rochas todos os elementos constituintes da crosta terrestre, quaisquer que sejam sua origem, composição e estrutura. Para Geologia aplicada o seu sentido esta condicionada à resistência e durabilidade do material (PETRUCCI, 1975).

Segundo a ABNT, “Rochas são materiais constituintes essenciais da crosta terrestre, provenientes da solidificação do magma ou de lavas vulcânicas, ou da consolidação de depósitos sedimentares, tendo ou não sofrido transformações metamórficas. Esses materiais apresentam elevada resistência mecânica, somente modificável por contatos com ar e água em casos muito especiais.”

Das rochas podem ser extraídos blocos, matacões, agregados e pedras para construção: paralelepípedos, alvenaria, lajotas, placas, etc.

Com o passar do tempo o uso da pedra foi se intensificando, sendo empregada também na construção de túneis, canais, pontes, palácios, igrejas, e edifícios públicos. A pedra na construção passou a ter seu campo de aplicação bem definido e limitado sendo empregue em: muros de arrimo, fundações, blocos para pavimentação, lastro de ferrovias e principalmente como agregado para o concreto.

3.2. Classificação das Rochas

As rochas encontradas na superfície terrestre e no seu subsolo são divididas em três tipos distintos, sendo função de sua gênese:

a) *Rochas magmáticas*, são aquelas formadas a partir do resfriamento e consolidação do magma (material em estado de fusão no interior da terra).

b) *Rochas sedimentares*, são formadas por materiais derivados da decomposição e desintegração de qualquer rocha. Devida ação do intemperismo esses materiais são transportados, depositados e acumulados nas regiões de topografia mais baixa. Com o peso das camadas que estão sobrepostas uma sobre as outras ou pela ação cimentante da água subterrânea, consolidam-se, formando uma rocha sedimentar.

c) *Rochas metamórficas*, são aquelas originadas pela ação da pressão da temperatura e de soluções químicas em outra rocha qualquer. Essas rochas podem sofrer dois tipos de alterações básicas; na sua estrutura, pela a ação da pressão que irá orientar os

minerais ou devida ação da temperatura que irá recristalizá-los, ou ainda pela ação conjunta desses dois fatores e através de soluções químicas (CHIOSSI, 1979).

3.3. Propriedades das Rochas

Uma rocha é homogênea quando apresenta as mesmas propriedades em amostras diversas. É uma característica importante, pois a falta de homogeneidade é, em geral, indício de má qualidade (CAVALCANTE, 1951).

Estrutura e textura são características que podem definir a anisotropia dar idéia da resistência mecânica das rochas, resistência desta que variará com a distribuição dos minerais.

A resistência, durabilidade e trabalha habilidade da rocha, bem como seu comportamento na obra, podem ser avaliados a partir das propriedades físicas e mecânicas.

O comportamento da rocha pode ser avaliado diretamente observando-se a pedra aplicada em obras construídas anteriormente ou, então se submetendo a rocha a experiências ou ensaios, nos quais as condições que deve satisfazer são reguladas no modificadas intencionalmente (CAVALCANTE, 1951).

3.3.1. Propriedades Físicas

a) Absorção: refere-se a propriedade pela qual uma certa quantidade de líquido é capaz de ocupar os vazios de uma rocha, ou parte destes vazios, sendo que intervém no fenômeno somente ações e físicas, e não físico-químicas. (CHIOSSI, 1979).

b) Peso específico aparente: é a relação entre o peso de um fragmento de seu volume. O peso específico aparente seco é a relação entre o peso de um fragmento seco e seu volume. Este valor pode ser obtido pelo processo geométrico, no caso de corpos de prova prismáticos, e pelo processo da balança hidrostática, no caso de corpos de provas irregulares.

c) Porosidade: é a relação entre o volume de vazios e o volume total da rocha vezes 100. Porosidades elevadas em rochas normalmente fechadas, como as ígneas, pode indicar uma má qualidade. Geralmente, quanto mais elevada a porosidade da rocha e, portanto, a absorção percentual de água, menor será a resistência da rocha. (CAPUTO, 1981).

d) Condutibilidade: da idéia da capacidade que possuem a rocha em absorver calor, podendo concorrer para maior ou menor resistência às intempéries.

e) Dureza: é avaliada pela maior ou menor facilidade com que a rocha pode ser serrada ou polida. Depende, principalmente, da dureza de seus materiais constituintes.

f) Aderência: refere-se a maior ou menor aptidão da rocha em deixar-se ligar por uma argamassa. A fratura e a porosidade influem nesta propriedade.

g) Forma: a forma dos fragmentos obtidos da britagem do material rochoso poderá traduzir sua maior ou menor resistência e trabalhabilidade quando utilizado na construção civil.

3.3.2. Propriedades Mecânicas

a) Resistência compressão simples: é determinada medindo-se a carga de ruptura de uma amostra, isenta de falhas e defeitos. A resistência à compressão é medida pela tensão aplicada ao corpo de prova no momento de ruptura. Uma indicação da resistência dos materiais é bem expressa em termos de resistência compressão uniaxial não confinada seca, a qual pode ser usado como base de uma classificação semi-quantitativa da resistência da rocha.

b) Resistência à tração: a resistência à tração é medida pela tensão aplicada no momento da ruptura por tração, a qual é aplicada no ensaio de tração direta, diametral ou flexão, dividida pela área de ruptura.

c) Resistência ao cisalhamento: é medida pela tensão cisalhante máxima necessária à ruptura do corpo de prova dividida pela área da ruptura.

d) Resistência ao desgaste: mostra o comportamento dos materiais rochosos quando eles são submetidos à abrasão de outros corpos ou ao atrito mútuo. A resistência ao desgaste depende da textura e varia com granulação. O método fixa o modo pelo qual deve ser realizado o ensaio de desgaste da rocha destinada a calçamento ou a revestimento de piso.

e) Resistência à abrasão: é definida pelo desgaste sofrido pelo agregado e, quando colocado na máquina juntamente com uma carga abrasiva, submetido a 500 revoluções desta máquina à velocidade que varia de 30 a 33 r.p.m. O desgaste é convencionalmente

expresso pela porcentagem em peso do material que, após o ensaio, passa pela peneira de malhas quadradas de 1,68 mm. (ABNT NBR 6465).

f) Resistência o choque: é a resistência que uma rocha oferece ao impacto de um peso que cai de uma certa altura. Pode revelar o comportamento dos materiais rochosos quando eles são submetidos a impactos de outros corpos.

g) Resistência ao esmagamento: procura mostrar o comportamento dos materiais rochosos quanto a sua fragmentação, quando eles são submetidos a processos de cominuição, o caso da britalidade, ou a esforços de compressão, no caso de esmagamento.

h) Módulo de elasticidade: é a relação entre a tensão ou a pressão, aplicada no corpo e a deformação linear, sofrida por ele. Representa a maior ou menor capacidade que o corpo tem de sofrer deformação e retornar a sua forma original. Em se tratando de rochas, raramente o corpo de prova retorna as suas dimensões e forma original, guardando sempre consigo uma deformação.

3.4. Agregados Utilizados na Construção

De acordo com (BAUER, 1994), agregado é todo material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas de diferentes tamanhos. Os agregados mais comumente encontrados em obras de engenharia são: fíler, pedra britada, bica-corrida, pedra rachão, etc.

3.4.1. Classificação

Os agregados classificam-se segundo a sua origem, dimensões das partículas e peso específico aparente.

✓ Segundo sua *origem* podem ser:

- Naturais: encontra-se em forma particulada na natureza: areia e cascalho;
- Industrializados: tem sua composição particulada obtida por processos industriais: granitos, escória de alto-forno e argila.

✓ Segundo as *dimensões das partículas* estes podem ser:

- Miúdo: as areias;
- Graúdo: os cascalhos e as britas.

✓ Segundo o *peso específico aparente*:

- De acordo com sua densidade, os agregados podem ser classificados como leves médios e pesados.

3.4.2. Produtos Industrializados

a) Brita: agregado obtido a partir de rochas compactas que ocorrem em depósitos geológicos – jazidas, pelo processo industrial de fragmentação de rochas maciças.

b) Pedra Britada: tipo de brita produzida em cinco graduações, denominadas, em ordem crescente de diâmetros médios: pedrisco, brita 1, brita 2, brita 3 e brita 4.

c) Pó de Pedra: material mais fino que o pedrisco, sua graduação é genérica, mas não rigorosa, variando de 0/4,8mm.

d) Areia de Brita: agregado obtido dos finos resultantes da produção de brita, dos quais se retira a fração inferior a 0,15mm.

e) Filer: agregado de graduação 0,005/0,0075mm. Seus grãos são da mesma ordem de grandeza dos grãos de cimento.

f) Bica-corrida: material britado dependendo da regulagem em que se encontra à saída do britador.

g) Rachão: agregado constituído do material que passa no britador primário e é retido na peneira de 76mm. É a fração acima de 76mm da bica-corrida primária. Também é chamada de “pedra de mão”, com dimensões entre 76mm e 250mm.

3.4.3. Matéria-prima

Várias são as rochas aptas a serem exploradas para a produção de agregados industrializados. No caso da brita a rocha mais comumente explorada é:

Granito: rocha plutônica ácida ($\approx 75\%$ sílica), granular macroscópica; cristais de 1 a 5mm, ou maiores, de cor cinza. Possuem as seguintes ordens de grandeza das constantes físicas:

- Densidade 2,7
- Taxa de ruptura sob compressão 90 MPa

- Taxa de ruptura sob flexão 30 MPa
- Taxa de ruptura sob tração 10 MPa
- Módulo de elasticidade 34000 MPa
- Coeficiente de Poisson 0,28.

3.4.4. Processo de Britagem

A partir de um plano de aproveitamento econômico, onde são estabelecidos a forma de exploração da jazida, o volume a ser extraído e a recuperação da área, ocorre então a exploração em forma de bancadas (degraus), que possuem uma altura média de 12 metros.

O processo inicia-se com o levantamento topográfico para estabelecer o volume a ser desmontado. Com base neste levantamento, determina-se um plano de fogo, onde serão definidas a quantidade e forma da furação (inclinação, profundidade, espessura, etc.).

Efetuada a perfuração, todos os furos são carregados conforme o plano de fogo e interligados por cordéis detonantes, semelhantes a um pavio, para que se tenha uma detonação em cadeia. Após o desmonte, obtém-se um volume de rocha quebrada em diversos tamanhos (Figura 3.1), onde o resultado será positivo quanto menor for o tamanho das rochas.

Pelo fato da britagem possuir um limite máximo de tamanho das rochas, em torno de 40 polegadas, estas devem ser classificadas. As maiores, e que provavelmente não caberão no britador, são separadas e novamente sofrerão um processo de quebra utilizando-se um rompedor hidráulico acoplado a uma escavadeira. Em seguida faz-se o transporte do material da pedreira até a britagem, que é feito por meio de carregadeiras, escavadeiras e caminhões basculantes.



Figura 3.1: Perfuração da Rocha

O conjunto de britagem é composto por vários elementos distintos: alimentador vibratório, britador primário, britador secundário, conjunto de peneiras e correias transportadoras (Figura 3.2).

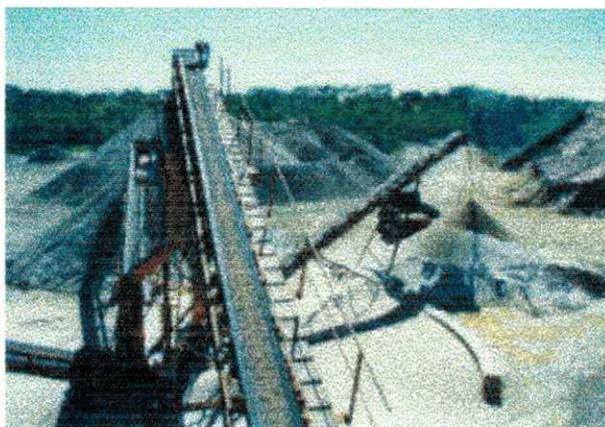


Figura 3.2: Processo de Britagem

Os caminhões descarregam o material no alimentador vibratório, que é uma espécie de silo, que por sua vez, como o próprio nome diz, alimenta o britador primário. Na britagem primária os britadores transformam a pedra marroada que vem da pedreira, em pedra pulmão (Figura 3.3) com tamanho aproximado de 12 polegadas.



Figura 3.3: Pedra Pulmão

O britador do tipo mandíbula quebra a rocha com o impacto de duas grandes chapas de aço manganês. O processo seguinte é feito em dois britadores giroscópicos somados a um conjunto de peneiras e correias transportadoras, onde a pedra pulmão é convertida em brita de diversos tamanhos diferentes. Esta brita é transferida dos britadores para as peneiras que se encarregam de separá-la de acordo com o tamanho. As correias transportadoras levam a brita das peneiras até o local de armazenamento.

O produto final pode sofrer variações de acordo com as regulagens dos britadores e peneiras para atender as necessidades do mercado (Figuras 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8).

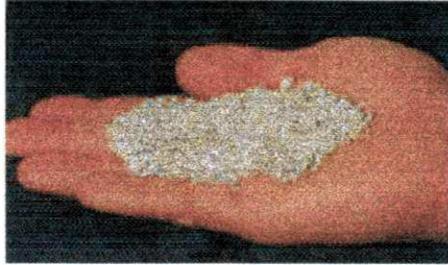


Figura 3.4: Pó de Pedra (0 – 4,8mm)



Figura 3.5: Brita 1 (1,8 – 12,5mm)



Figura 3.6: Brita 2 (12,5 – 25mm)



Figura 3.7: Brita 3 (25 – 50mm)



Figura 3.8: Brita 4 (50 – 76mm)

3.5. Águas Residuárias

3.5.1. Composição das Águas Residuárias

As águas residuárias compõem-se de águas utilizadas pela comunidade. Podem ser de origem puramente doméstica ou podem conter também águas provenientes de atividades agrícolas e industriais. Considerando as águas residuárias domésticas, estas são compostas por resíduos humanos e “águas servidas”, que são resultantes do asseio pessoal.

As águas residuárias recém-produzidas apresentam-se como um líquido turvo, de coloração parda, com odor similar ao do solo. Esteticamente são repugnantes em aparência e extremamente perigosas em seu conteúdo, principalmente por causa do número de organismos causadores de doenças que contém.

Em climas tropicais, as águas residuárias podem rapidamente perder o oxigênio dissolvido nelas e se tornarem sépticas. As águas sépticas têm odor muito desagradável, geralmente aquele do gás sulfídrico. As águas servidas contribuem com grande variedade de substâncias químicas, detergentes, sabões, gorduras, graxas, pesticidas e resíduos de cozinha (SILVA, 1995).

3.5.2. Características dos Esgotos Domésticos

De acordo com PAGANINI (1997), o esgoto doméstico é composto por matéria orgânica e inorgânica nas formas dissolvida, coloidal e em suspensão.

A concentração dos vários componentes dos esgotos domésticos depende de vários fatores como:

- Características específicas das águas de abastecimento;
- Usos aos quais essas águas são submetidas;
- Clima da região;
- Condições sócio-econômicas e hábitos da população;

- Consumo *per capita* de água;
- Presença de despejos industriais no sistema público.

Dessa forma, as características dos esgotos domésticos variam não somente de localidade para localidade, mas também de acordo com a época do ano, bem como com as horas do dia.

3.6. pH

Este parâmetro permite avaliar o caráter ácido ou básico de determinado corpo aquático, o qual é definido pelo teor de íons (H^+) presentes no meio. Variando numa escala 0 a 14 o pH tem seu ponto neutro em torno de 7,0. Valores inferiores a este ponto indicam ambientes ácidos e acima deste, ambientes alcalinos.

Os principais efeitos do pH são:

- quando acima de 9,0 pode provocar a precipitação do fósforo sob a forma de ortofosfato solúvel, limitando o crescimento de algas;
- muitas bactérias são sensíveis a variação além do limite entre 6,0 – 9,0;
- a taxa de fotossíntese pode ser reduzida pela elevação acentuada do pH.

3.7. Condutividade Elétrica

Trata-se de um dos principais parâmetros a ser analisado quando o efluente de estação de tratamento de esgoto vai ser usado em irrigação, já que a condutividade elétrica é uma medida conveniente dos sais dissolvidos e, por conseguinte, do risco de salinização do solo.

A condutividade elétrica é capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica nos metais, esta condução é feita pelos elétrons livres, nas soluções aquosas esta condição se dá através dos íons.

3.8. Cálcio e Magnésio

A relação quantitativa entre cátions trocáveis é dependente da relação quantitativa entre cátions da solução do solo que dependerão da água aplicada na irrigação. A razão de adsorção de sódio (RAS) está relacionada à percentagem de sódio trocável (PST), quando cátions trocáveis e solúveis estão em equilíbrio.

Como as águas residuárias possuem elevado teor de íons bicarbonatos, o conteúdo de água do solo diminui, com isso a concentração do íon aumenta, conseqüentemente, o

produto solúvel de íons de cálcio e carbonato é pouco e os precipitados de cálcio e magnésio aumentam. Como resultado imediato da redução de cálcio solúvel, a RAS aumenta e o efeito do PST no solo aumenta além do valor esperado na composição original da água.

3.9. Carbonatos e Bicarbonatos

A aplicação de efluentes no solo em quantidades significativa implica em elevados teores de matéria orgânica, conseqüentemente, numa elevação do conteúdo de carbono. Águas residuárias tratadas possuem uma alta concentração de íons bicarbonato.

Os resíduos orgânicos quando aplicados em excesso no solo podem causar os seguintes efeitos:

- elevada capacidade de retenção de água tanto na capacidade de campo, quanto no ponto de murchamento;
- elevação em conteúdo de umidade;
- aumento da porosidade;
- aumento da condutividade elétrica.

3.10. Cloretos e Sulfatos

Os cloretos estão presentes em quase todas as águas. Eles não são necessários para o crescimento da planta e em altas concentrações causam taxa anormal de crescimento.

O íon cloro geralmente compõe 1/3 dos sais dissolvidos totais adicionados às águas residuárias urbanas e podem reduzir em até 1/3 o crescimento de algumas espécies arbóreas.

O íon sulfato é um dos ânions de maior ocorrência em águas naturais. Ele é de grande importância para o abastecimento público por causa do seu efeito cartático sobre as pessoas quando presente em quantidade excessiva. Por essa razão o limite máximo recomendável é de 250mg/L em águas destinadas ao consumo humano. Os sulfatos são importantes tanto no suprimento de água industrial quanto no abastecimento doméstico (SAWYER *et al.*, 1994).

3.11. Sódio e Potássio

A presença de íons de carbonato e bicarbonato pode precipitar o cálcio e, com isso, aumentar o efeito de sódio na solução do solo, reduzindo assim sua permeabilidade.

Dentre as causas que podem resultar na perda de permeabilidade do solo, a mais importante é aquela dada pelo sódio. A adsorção de íons de sódio às partículas do solo leva à dispersão coloidal, com o conseqüente bloqueio dos poros do solo. Esse bloqueio pode ocorrer em argilas com a presença de baixa permeabilidade.

O potássio é um elemento dinâmico e com grande mobilidade, tanto no solo quanto nas plantas, ele pode se deslocar pela capacidade de troca catiônica do solo. Em contrapartida, é dos elementos com capacidade de ser deslocado por outros cátions bivalentes ou monovalentes. Muitos minerais em meio argiloso, têm uma grande capacidade de fixar o potássio por substituição isomórfica. Esse fenômeno é importante ao longo do tempo, com a incorporação do potássio na formação de minerais secundários.

3.12. Alcalinidade

Para definir a alcalinidade considera-se uma água residuária como uma mistura de uma solução de dióxido de carbono em uma base forte. A concentração dessa base é igual à alcalinidade e pode ser determinada através de uma titulação da água com ácido forte para neutralizar a base. No fim da titulação o pH da água estará igual ao pH de uma solução pura de CO₂. (HAANDEL & LETTINGA, 1994).

3.13. Preocupação com o Meio Ambiente

3.13.1. Minerar sem Agredir o Meio Ambiente

As pedreiras devem ter como princípio o desenvolvimento de suas atividades de extração e produção de brita sem causar agressões ao meio ambiente. Para isso, suas atividades devem ser realizadas visando sempre respeitar as normas determinadas pelos órgãos ambientais do governo e procurar sempre aplicar os recursos tecnológicos mais avançados à suas atividades de forma a obter o máximo de eficiência tanto em sua produção como no controle dos impactos causados ao meio ambiente.

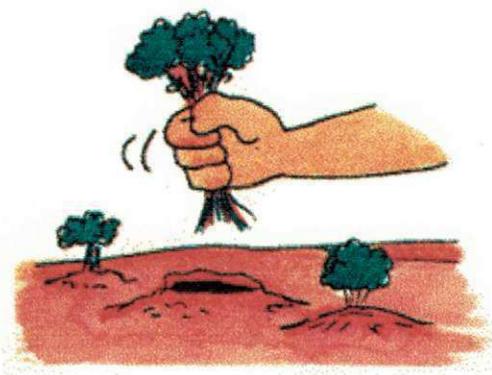
3.13.2. Recuperar as Áreas Exploradas



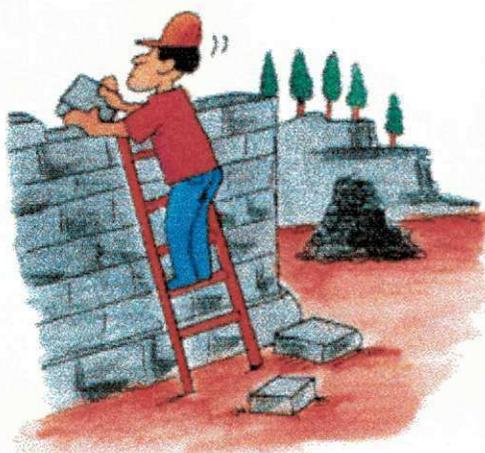
Após o término das atividades de extração em um determinado local, deverá ter início o processo de recuperação desta área: fazendo a revegetação, retaludamento e implantação de sistemas de drenagem na parte superior da jazida onde há cobertura de solo e na região rochosa.

3.13.3. Revegetar as Áreas não Utilizadas na Mineração

Nas áreas onde não há atividades produtivas, deve ser feito o plantio de espécies vegetais nativas, de forma a preservar o meio ambiente e reduzir os impactos visuais causados pelas atividades mineiras.



3.13.4. Reduzir o Risco de Acidentes



Deve-se ter a preocupação com a segurança dos operários e das pessoas que vivem próximas às áreas de produção, devendo sempre utilizar equipamentos modernos que permitam grande produtividade e segurança. Além de utilizar técnicas de desmonte de rocha que permitam o controle da vibração, ruído gerado e ultralanchamentos que são fragmentos de rocha lançados para além das distâncias desejadas.

Existe ainda a preocupação em se evitar a poluição do ar, pois é gerada uma enorme quantidade de poeira durante a atividade de mineração. Deve se molhar bem as vias de circulação interna das pedreiras com caminhão pipa.

3.13.5. Estabelecer com a Comunidade Vizinha, uma Convivência Harmoniosa.

Realizar o controle de todos os impactos gerados por sua atividade de forma a não causar incômodos a seus vizinhos, as pedreiras devem manter contato com a população que reside próxima à sua área de atividade para receber e atender rapidamente suas reclamações e orientar quanto a métodos de construção seguros.



MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição do Sistema Experimental

O experimento foi realizado no Bloco CV, Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil do Campus II (DEC/CCT/UFPB).

As colunas foram constituídas a partir de garrafas do tipo “PET” de dois litros onde na parte superior foram cortadas. As garrafas foram lavadas a fim de retirar qualquer resíduo que viesse interferir nos resultados das análises físico-químicas.

Foram confeccionadas 24 colunas, sendo distribuídas da mesma forma independente da água utilizada:

- ✓ 01 coluna para controle no tempo inicial (00 hs);
- ✓ 16 colunas para brita:
 - 04 para o tempo de 06 hs;
 - 04 para o tempo de 12 hs;
 - 04 para o tempo de 18 hs;
 - 04 para o tempo de 24 hs;
- ✓ 07 colunas para bolas de vidro:
 - 01 para o tempo de 06 hs;
 - 01 para o tempo de 12 hs;
 - 01 para o tempo de 18 hs;
 - 04 para o tempo de 24 hs.

4.2. Local de Coleta da Brita

A brita utilizada no experimento foi retirada de uma construção ao lado do Bloco CV, classifica-se como brita 2 (12,5 a 25mm) e era utilizada para confecção do concreto utilizada na mesma.

Foi feita a retirada da brita da parte superior do paiol, garantindo assim que o material estivesse isento de outras partículas.

4.3. Caracterização da Água Utilizada

Para realização do experimento, foram utilizados dois tipos de água: destilada e superficial poluída, que ficaram imersas com seu respectivo material, durante um determinado período de tempo prefixado: 6, 12, 18 e 24 horas.

4.3.1. Água Destilada

A água destilada utilizada no experimento era proveniente de destilador do Laboratório de Saneamento (AES/DEC/CCT). A coleta dessa água foi feita em botijões de 20 litros e era realizada sempre um dia antes de cada experimento.

4.3.2. Água Superficial Poluída

A água superficial poluída utilizada era proveniente do sistema de drenagem da cidade de Campina Grande (PB) que atravessa o Campus da UFPB. Este sistema é constituído por um córrego formador de uma lagoa, de geometria triangular, e um riacho com extensão de 350m que atravessa o campus e deságua no açude de Bodocongó. Este sistema recebe inúmeras contribuições de esgotos e drenagem pluvial de bairros adjacentes e do próprio campus.

A água superficial poluída utilizada para o experimento foi coletada em um ponto localizado sob a passarela próxima a Biblioteca Setorial do Campus. Neste ponto a água é clara e observa-se a presença de espuma (agentes tensoativos). A vegetação circundante é rasteira e existem plantas aquáticas em abundância.

4.4. Procedimento da Coleta das Amostras

Depois que as colunas foram montadas, fez-se uma etiquetagem caracterizando cada uma com: tipo de água: (destilada ou superficial poluída); hora que o material inerte iria ficar imerso: 6, 12, 18 ou 24 horas, além da coluna que continha apenas o líquido na hora em que se foi feito a coleta; tipo de material: brita ou bolas de vidro.

O experimento dividiu-se em duas partes: na primeira, utilizou-se água superficial poluída e na segunda, a água destilada. Em cada etapa colocava-se cerca de 700mL do respectivo líquido em cada coluna, esperava-se então atingir os tempos prefixados (6, 12, 18 e 24 horas) para fazer cada coleta. Por exemplo: caso começa-se a coleta às 20:00hs (tempo inicial), as outras coletas seriam às 02:00hs (6 horas), 08:00 (12 horas), 14:00hs (18 horas) e 20:00hs (24 horas).

Para poder caracterizar essas águas que ficaram imersas durante os tempos prefixados, foram feitas algumas análises físico-químicas.

4.4.1. Parâmetros Físico-Químicos

A Tabela 4.1 mostra os parâmetros físico-químicos e os métodos analíticos utilizados na caracterização das águas destilada e residuária empregados neste experimento.

Tabela 4.1 - Parâmetros físico-químicos utilizados na caracterização das águas

Parâmetros	Método	Referência
pH	Potenciométrico	APHA, 1995.
Condutividade Elétrica ($\mu\text{mho/cm}$)	Resistência elétrica	APHA, 1995.
Alcalinidade (mgCaCO_3/L)	Titulométrico	APHA, 1995.
Dureza (mg/L)	Titulométrico	APHA, 1995.
Cálcio (mg/L)	Titulométrico	EMBRAPA, 1979.
Magnésio (mg/L)	Titulométrico	EMBRAPA, 1979.
Cloretos (mg/L)	Titulométrico	RICHARDS, 1954.
Carbonatos (mg/L)	Titulométrico	RICHARDS, 1954.
Bicarbonatos (mg/L)	Titulométrico	RICHARDS, 1954.
Sulfatos (mg/L)	Turbidimétrico	APHA, 1995.
Sódio (mg/L)	Fotometria de chama	EMBRAPA, 1979.
Potássio (mg/L)	Fotometria de chama	EMBRAPA, 1979.

4.5. Estatística Descritiva

Na análise estatística empregou-se o aplicativo *Excel for Windows*, onde foram calculados a média aritmética, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo nos pontos coletados na época estudada (junho a setembro/2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação da qualidade da água destilada e poluída, com base em resultados dos parâmetros analisados.

As Tabelas 5.1 a 5.4 mostram a variação das concentrações médias dos parâmetros físico-químicos analisados ao longo do tempo para o material em estudo: brita e bolas de vidro (testemunha), imersas em água destilada e água poluída. Em anexo segue para cada tempo de imersão, análise estatística levando em consideração as seguintes medidas de tendência central e de dispersão: média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo.

Tabela 5.1 - Concentrações médias dos parâmetros físico-químicos para brita imersa em água destilada, ao longo do tempo.

Data: 11/07/2000

Parâmetros	T - 0Hs	T - 6Hs	T - 12Hs	T - 18Hs	T - 24Hs
pH	4,2	6,1	6,2	6,3	6,7
CE ($\mu\text{mho/cm}$)	11	22	23	28	26
Alcalinidade (mg/L)	0,0	0,5	0,7	1,2	1,2
Dureza (mg/L)	9	10	12	12	16
Cloreto (mg/L)	0	10	13	11	4
Sulfato (mg/L)	15	17	16	16	16
Cálcio (mg/L)	2	6	6	6	7
Magnésio (mg/L)	7	5	5	7	3
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonato (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonato (mg/L)	6	18	18	23	23

Tabela 5.2 - Concentrações médias dos parâmetros físico-químicos para bolas de vidro imerso em água destilada, ao longo do tempo.

Data: 11/07/2000

Parâmetros	T - 0Hs	T - 6Hs	T - 12Hs	T - 18Hs	T - 24Hs
pH	4,2	4,4	3,6	4,2	4,9
CE ($\mu\text{mho/cm}$)	11	14	11	11	7
Alcalinidade (mg/L)	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Dureza (mg/L)	9	9	6	15	11
Cloreto (mg/L)	0	3	12	0	13
Sulfato (mg/L)	15	16	17	16	14
Cálcio (mg/L)	2	2	4	4	6
Magnésio (mg/L)	7	9	14	1	7
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonato (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonato (mg/L)	6	0	0	12	6

(ND) Não determinada por problema no fotômetro de chama.

Tabela 5.3 - Concentrações médias dos parâmetros físico-químicos para brita imersa em água superficial poluída, ao longo do tempo.

Data: 25/07/2000

Parâmetros	T - 0Hs	T - 6Hs	T - 12Hs	T - 18Hs	T - 24Hs
pH	8,0	7,7	7,7	7,4	7,7
CE ($\mu\text{mho/cm}$)	1054	1065	1059	1068	1058
Alcalinidade (mg/L)	28	27	27	28	27
Dureza (mg/L)	217	221	233	220	218
Cloreto (mg/L)	118	98	113	105	118
Sulfato (mg/L)	58	60	61	61	62
Cálcio (mg/L)	75	80	73	89	77
Magnésio (mg/L)	33	29	34	28	35
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonato (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonato (mg/L)	320	307	314	323	323

Tabela 5.4 - Concentrações médias dos parâmetros físico-químicos para bolas de vidro imerso em água superficial poluída, ao longo do tempo.

Data: 25/07/2000

Parâmetros	T - 0Hs	T - 6Hs	T - 12Hs	T - 18Hs	T - 24Hs
pH	8,0	7,8	8,0	8,0	8,1
CE ($\mu\text{mho/cm}$)	1054	1058	1053	1082	1057
Alcalinidade (mg/L)	28	27	27	28	28
Dureza (mg/L)	217	223	208	223	220
Cloreto (mg/L)	118	125	137	98	105
Sulfato (mg/L)	58	61	67	65	63
Cálcio (mg/L)	75	81	73	79	74
Magnésio (mg/L)	33	29	40	29	36
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonato (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonato (mg/L)	320	311	323	323	328

(ND) Não determinada por problema no fotômetro de chamas.

5.2. pH

As Tabelas 5.1 e 5.2 mostram a variação média do pH na água destilada imersa em brita e bolas de vidro (controle). No tempo 0hs, o valor do pH foi 4,2 (ácido), estando dentro da faixa de valores verificados para essa água quando imersa em bolas de vidro, onde apresentou variação de (3,6 - 4,9). O pH da água destilada imersa em brita variou de forma crescente (6,1 - 6,7) no decorrer dos tempos de imersão.

A variação do pH nas duas águas utilizadas no Experimento pode ser mais bem observada nas Figuras 5.1 e 5.2. Verifica-se que as colunas de brita que receberam água poluída apresentaram uma faixa de valores levemente alcalina com variação (7,4 - 7,7), enquanto nas colunas que continham bolas de vidro essa variação foi entre (8,0 - 8,1).

5.3. Condutividade Elétrica

Os valores de condutividade elétrica podem ser verificados através das Tabelas 5.1 e 5.2. Observa-se que as colunas que receberam água destilada a concentração deste parâmetro foi praticamente nula independente se a água esteve imersa em brita ou bolas de vidro, apresentando faixa de valores entre (7 - 28 $\mu\text{mho/cm}$).

Por se tratar de água residuária, as concentrações verificadas naquelas colunas que receberam este tipo de água foram bem elevadas, apresentando valores entre (1053 - 1082 $\mu\text{mho/cm}$).

Através das Figuras 5.3 e 5.4 pode-se observar que nas colunas que receberam água superficial poluída praticamente não houve variação em sua concentração. Já aquelas que receberam água destilada houve uma pequena diferença, apresentando maior concentração para a água que ficou imersa em brita.

5.4. Alcalinidade Total

As Tabelas 5.1 a 5.4 mostram como foi a variação deste parâmetro ao longo dos tempos de imersão, para os dois tipos de água utilizada no Experimento. Na água destilada a concentração da alcalinidade total foi praticamente nula (0,0 - 1,2 mg/L), enquanto que as colunas que receberam água poluída apresentaram faixa de valores entre (27 - 28 mg/L).

A alcalinidade pode ser entendida como sendo a capacidade de neutralizar ácidos e normalmente ocorre devido à presença dos íons: carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, quase sempre alcalinos, ou ainda pela presença dos alcalinos terrosos: sódio, potássio, cálcio e magnésio.

5.5. Dureza

Normalmente ocorre devido a presença de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio) e alguns metais em menor intensidade. Na água destilada sua variação foi de (6 - 16 mg/L), enquanto nas colunas que receberam água poluída essa variação esteve entre (208 a 233 mg/L).

Na maioria dos casos, a dureza é decorrente do cálcio associada ao bicarbonato denominada de dureza temporária, pois pode ser eliminada quase totalmente pela fervura, quando é devida a outros sais é denominada de dureza permanente. (CAMPOS, 1997).

5.6. Cloretos e Sulfato

Os valores médios dos cloretos tanto na água destilada foram praticamente nulos (0 e 13 mg/L), já nas colunas que receberam água poluída verificou-se uma concentração bastante elevada (98 e 137mg/L).

Nas Figuras 5.11 e 5.12 pode-se observar a variação do sulfato na água destilada e água poluída no decorrer dos tempos de imersão. Acompanhando essa variação, verifica-se que para cada tipo de água utilizada não houve modificação significativa em sua concentração, independente se essa água estava imersa em brita ou em bolas de vidro.

5.7. Cálcio e Magnésio

Os teores de cálcio apresentaram valores médios de (2 - 7 mg/L) para a água destilada e (73 - 89 mg/L) para a água superficial poluída. A concentração média do magnésio variou entre (5 - 14 mg/L) para água destilada e (28 - 40 mg/L) para água poluída. Observa-se que, independentemente da água utilizada a concentração deste parâmetro manteve-se praticamente sem alteração após o decorrer das 24 horas que estiveram mergulhadas na brita e bolas de vidro.

Da mesma forma do cálcio, as concentrações de magnésio mantiveram-se constantes após o decorrer do tempo de imersão, ou seja, o tempo de imersão não foi suficiente para modificar a concentração deste parâmetro. A diferença observada na concentração do magnésio esteve contida na água utilizada: destilada (isenta de magnésio) e água superficial poluída, apresentando maior concentração.

5.8. Carbonato e Bicarbonato

Nas Tabelas 5.1 a 5.4 pode-se observar que os valores do carbonato estiveram ausentes nas águas utilizadas neste Experimento, isso ocorreu devido aos baixos valores de pH verificados nas amostras.

Com relação ao bicarbonato a concentração média variou de (0 - 23 mg/L) nas colunas que receberam água destilada e (306 - 327 mg/L) para água poluída. Nas Figuras 5.17 a 5.20 pode-se observar como esses parâmetros variaram ao longo dos tempos de imersão.

Os íons carbonato e bicarbonato são os principais responsáveis pela alcalinidade da água e representam a capacidade de neutralizar ácidos (SAWYER *et al.*, 1994).

CONCLUSÃO

- O material em estudo (brita) mostrou-se adequado para ser utilizado como material de enchimento na construção de “Wetlands”, pois se apresenta como material inerte que pouco modificaria as características da água percolada, sendo função da sua qualidade;
- O tempo de contato do líquido percolado com o material (brita), não foi suficiente para modificar as características físico-químicas nos dois tipos de água: destilada e poluída;
- Em relação ao controle (bolas de vidro), observaram-se pequenas modificações no pH, condutividade elétrica, alcalinidade e bicarbonato da água destilada imersa em brita, indicando que a brita foi responsável por essa modificação.
- Na água poluída não se verificou modificação significativa nas concentrações dos parâmetros analisados, pois os valores ficaram bem próximos daqueles observado nas colunas controle;
- Para obter uma avaliação mais completa sobre o caso, é necessário observar em estudos posteriores se ocorre modificação das características físico-químicas do líquido percolado submetido a tempos de contato maiores: entre 2 e 10 dias.

BIBLIOGRAFIA

1. APHA - AWWA - WPCF (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. American Public Health Association 19^a Edition, Washigton D. C.
2. BAUER, L. A. F. (1994). **Materiais de Construção I**. 5^a edição. Editora LTC. Universidade Federal de Uberlândia (UFU-MG).
3. CAMPOS, L. C. (1997). **Tecnologias de Tratamento de Águas**. XVIII Seminário Nacional dos Estudantes de Engenharia. Salvador – BA.
4. CAPUTO, H. P. (1981). **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos. 2v.
5. CAVALCANTE, A. M. S. (1951). **Tecnologia da Pedra**. Pongetti.
6. CHIOSSI, N. J. (1979). **Geologia Aplicada à Engenharia**. Grêmio Politécnico de São Paulo, SP. 2^a edição.
7. EMBRAPA, (1979). **Manual e Métodos de Análise de Solos**. Serviço Nacional de Levantamento João Pessoa, PB.
8. HAANDEL A. C. van & LETTINGA G. (1994). **Tratamento Anaeróbio de Esgotos**. Editora ep-graf. Campina Grande - PB.
9. PAGANINI, W. S. (1997). **Disposição de Esgotos no Solo: Escoamento à Superfície**. São Paulo. AESABESP.
10. PETRUCCI, E. G. R. (1975). **Materiais de Construção**. 8^a ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.
11. RICHARDS, L. A. (1954). **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils**. Washigton U S. Salinity Lab. 160 p. (Agriculture Handbook).
12. SAWYER, C. N.; MECARTY, P. L.; PARKIN, G. F. (1994). **Chemistry for Environmental Engineering**. 4th ed. McGraw-Hill Book Company.
13. SILVA, S. A. & MARA, D. D. **Tratamentos Biológicos de Águas Residuárias - Lagoas de Estabilização**. 1^a edição ABES. Rio de Janeiro, 1995.

ANEXOS

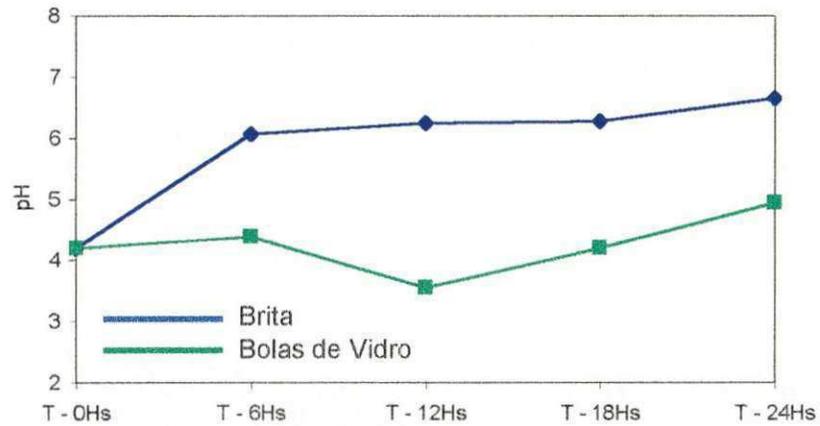


Fig. 5.1 - Variação dos valores médios do pH para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

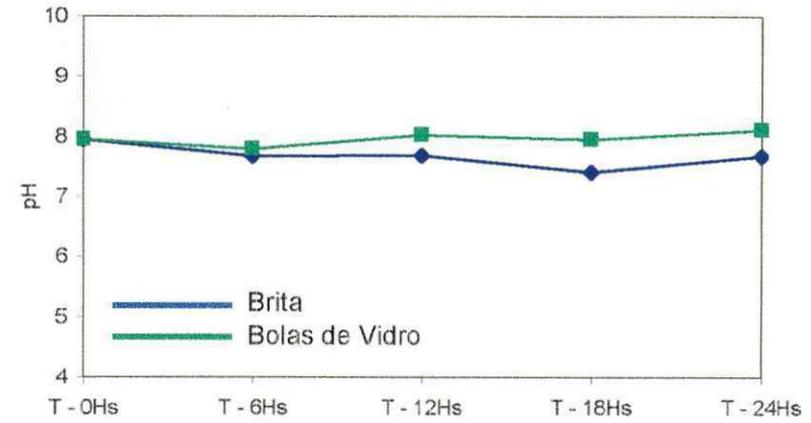


Fig. 5.2 - Variação dos valores médios do pH para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

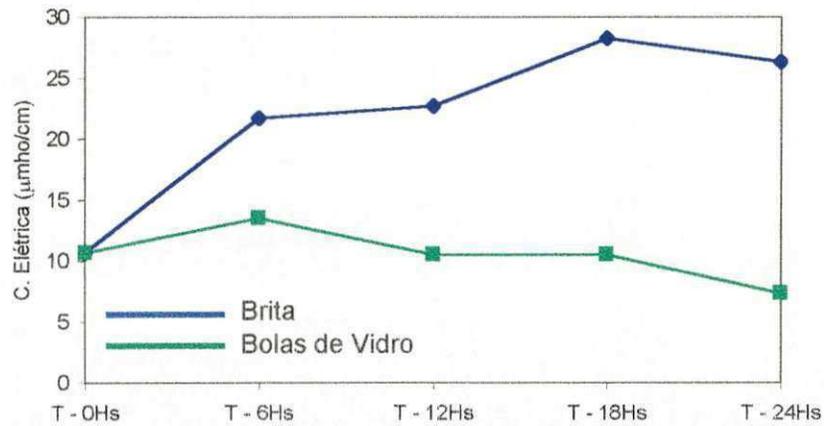


Fig. 5.3 - Variação dos valores médios da condutividade elétrica para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

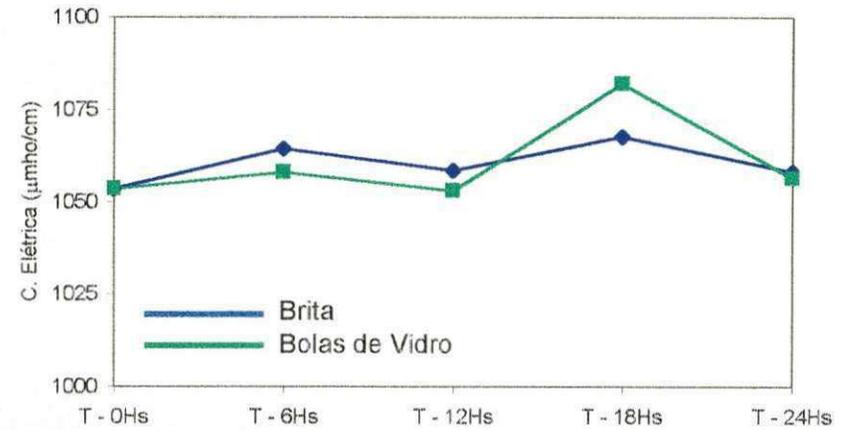


Fig. 5.4 - Variação dos valores médios da condutividade elétrica para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

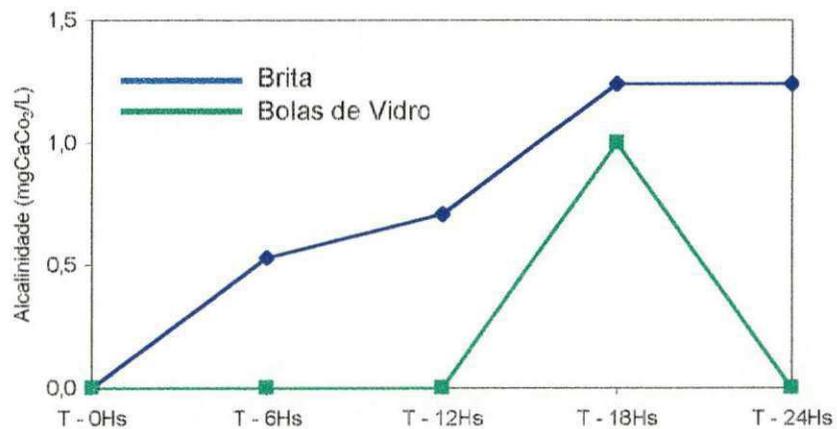


Fig. 5.5 - Variação dos valores médios da alcalinidade para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

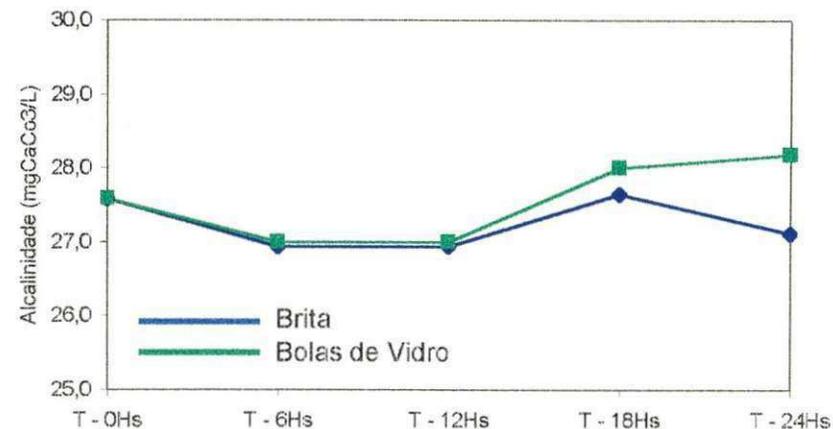


Fig. 5.6 - Variação dos valores médios da alcalinidade para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

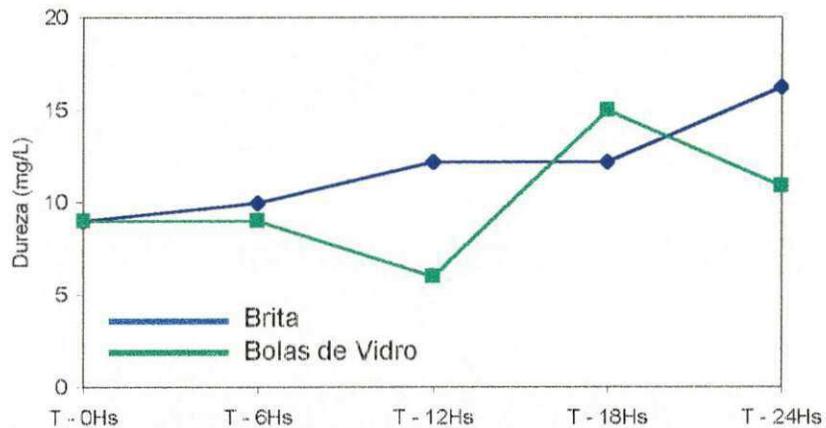


Fig. 5.7 - Variação dos valores médios da dureza para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

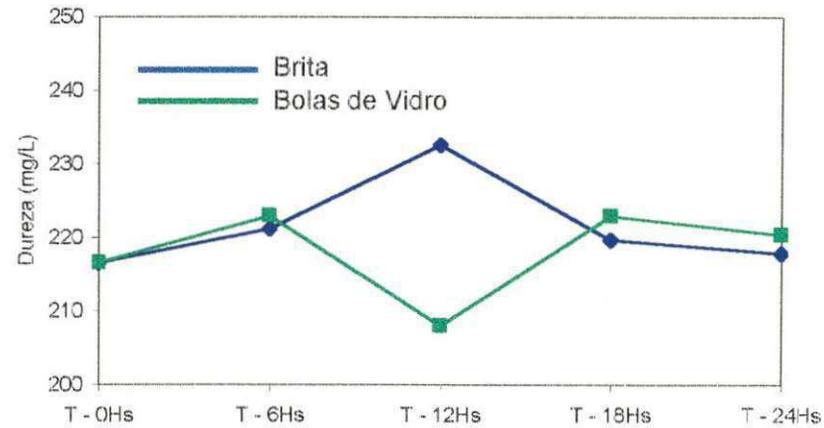


Fig. 5.8 - Variação dos valores médios da dureza para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

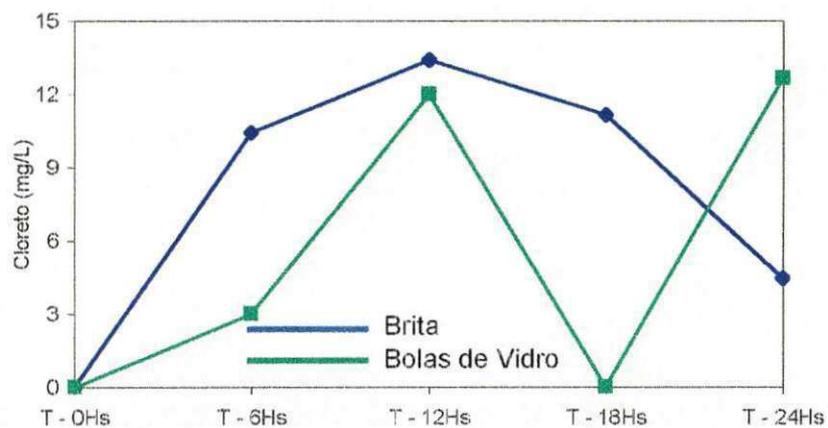


Fig. 5.9 - Variação dos valores médios do cloreto para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

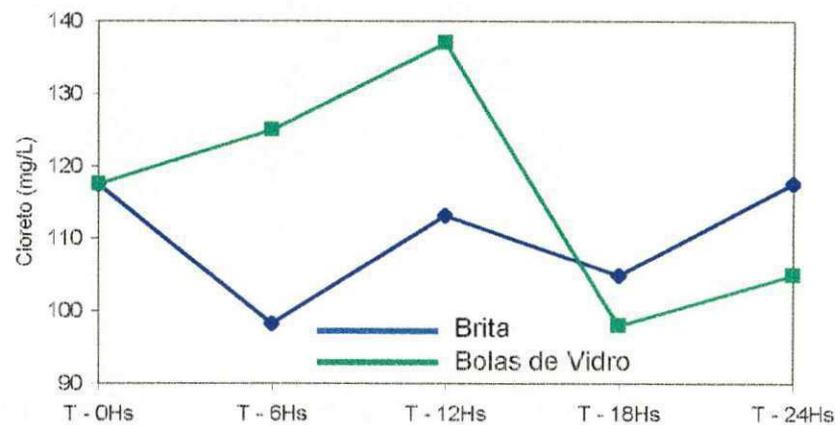


Fig. 5.10 - Variação dos valores médios do cloreto para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

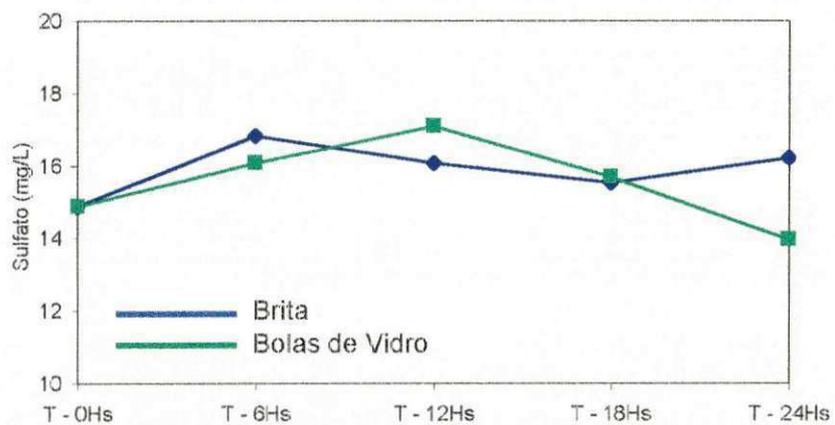


Fig. 5.11 - Variação dos valores médios do sulfato para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

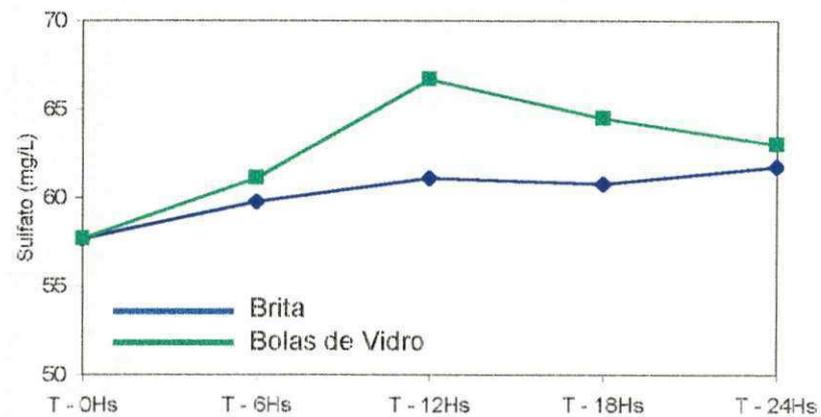


Fig. 5.12 - Variação dos valores médios do sulfato para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

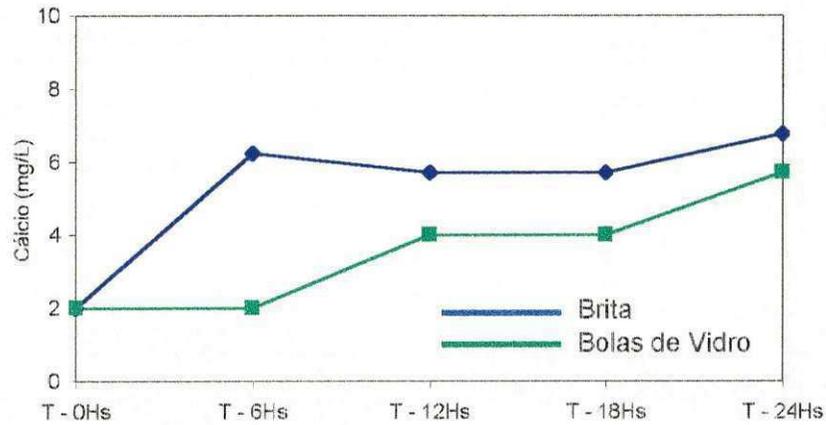


Fig. 5.13 - Variação dos valores médios do cálcio para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

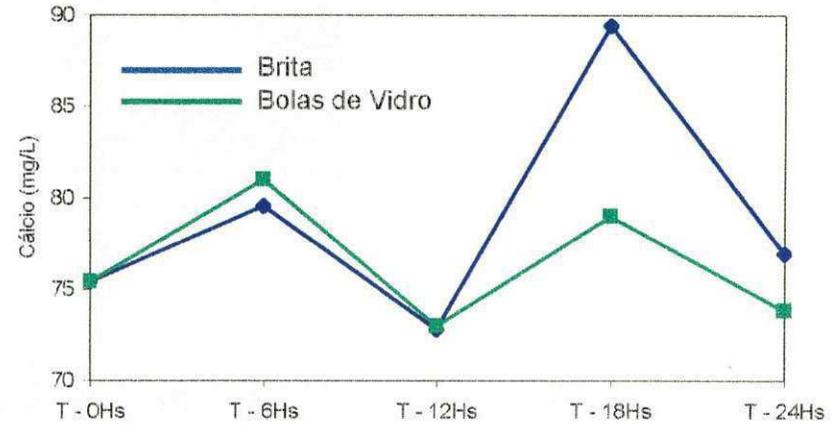


Fig. 5.14 - Variação dos valores médios do cálcio para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

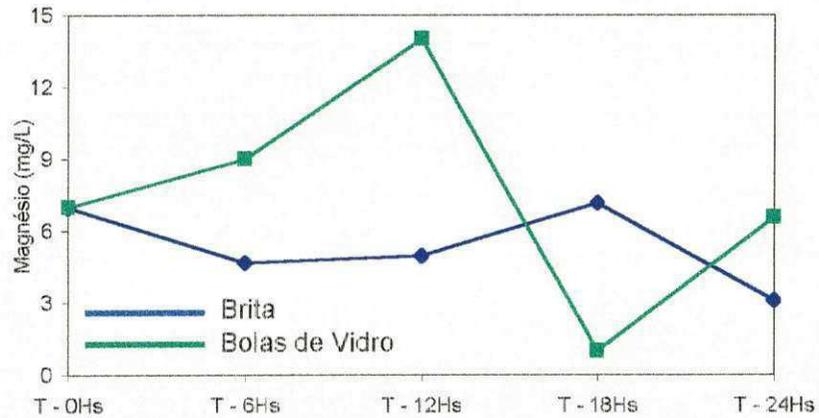


Fig. 5.15 - Variação dos valores médios do magnésio para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

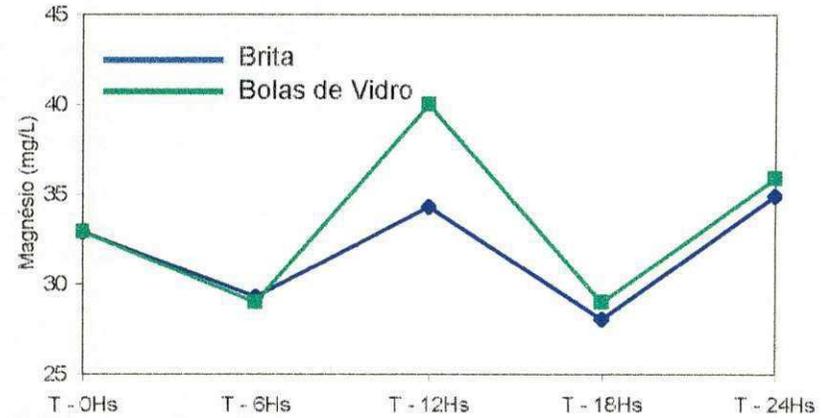


Fig. 5.16 - Variação dos valores médios do magnésio para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

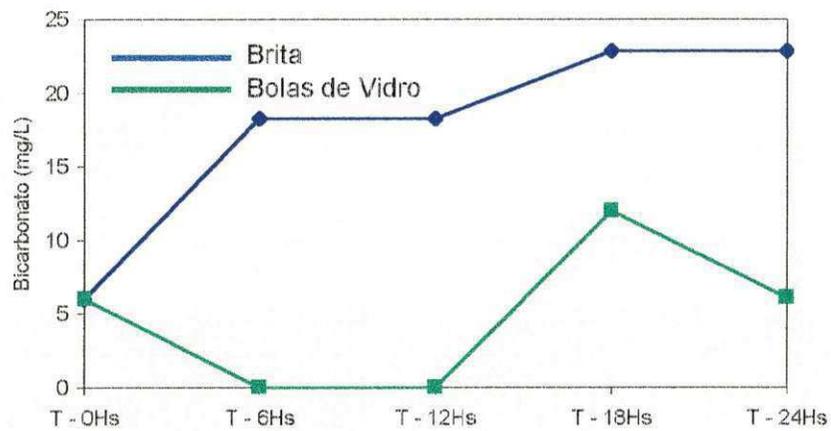


Fig. 5.17 - Variação dos valores médios do bicarbonato para água destilada imersa em brita e controle ao longo do tempo.

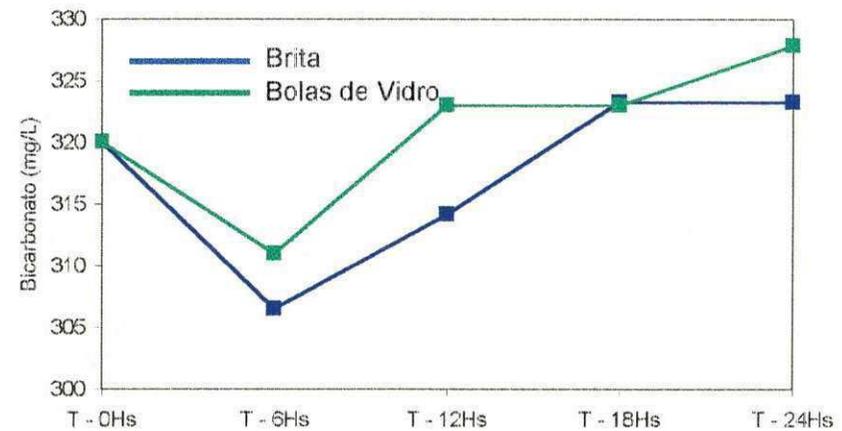


Fig. 5.18 - Variação dos valores médios do bicarbonato para água poluída imersa em brita e controle ao longo do tempo.

Valores dos Parâmetros Físico-químicos Analisados e Resumo Estatístico para Brita e Bolas de Vidro Imersos em Água Destilada. Data: 11/07/2000

Tempo: 0hs	Parâmetros	Coluna 1
	pH	4,20
	CE ($\mu\text{mho/cm}$)	11
	Alcalinidade (mg/L)	0,0
	Dureza (mg/L)	9
	Cloretos (mg/L)	0
	Sulfatos (mg/L)	15
	Cálcio (mg/L)	2
	Magnésio (mg/L)	7
	Sódio (mg/L)	
	Potássio (mg/L)	
	Carbonatos (mg/L)	0
	Bicarbonatos (mg/L)	6

Tempo: 06hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Controle	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	6,14	6,19	6,16	5,77	4,39	6,07	6,15	0,20	5,77	6,19
	CE ($\mu\text{mho/cm}$)	22	22	22	21	14	22	22	0	21	22
	Alcalinidade (mg/L)	0,0	0,7	0,7	0,7	0,0	0,5	0,7	0,4	0,0	0,7
	Dureza (mg/L)	15	9	10	6	9	10	10	4	6	15
	Cloretos (mg/L)	21	0	18	3	3	10	10	10	0	21
	Sulfatos (mg/L)	17	17	17	16	16	17	17	0	16	17
	Cálcio (mg/L)	6	6	6	6	2	6	6	0	6	6
	Magnésio (mg/L)	5	4	5	5	9	5	5	1	4	5
	Sódio (mg/L)										
	Potássio (mg/L)										
	Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bicarbonatos (mg/L)	18	18	18	18	0	18	18	0	18	18

Tempo: 12hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Controle	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	6,30	6,05	6,26	6,36	3,56	6,24	6,28	0,13	6,05	6,36
	CE (µmho/cm)	22	22	25	23	11	23	22	2	22	25
	Alcalinidade (mg/L)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,0	0,7	0,7	0,0	0,7	0,7
	Dureza (mg/L)	12	10	13	13	6	12	13	1	10	13
	Cloretos (mg/L)	0	0	21	33	12	13	10	16	0	33
	Sulfatos (mg/L)	16	16	15	16	17	16	16	0	15	16
	Cálcio (mg/L)	6	6	4	6	4	6	6	1	4	6
	Magnésio (mg/L)	6	2	9	2	14	5	4	3	2	9
	Sódio (mg/L)										
	Potássio (mg/L)										
	Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	18	18	18	18	0	18	18	0	18	18	

Tempo: 18hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Controle	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	6,18	6,40	6,54	6,00	4,20	6,28	6,29	0,24	6,00	6,54
	CE (µmho/cm)	27	27	31	28	11	28	28	2	27	31
	Alcalinidade (mg/L)	1,4	1,4	1,4	0,7	1,0	1,2	1,4	0,4	0,7	1,4
	Dureza (mg/L)	10	12	12	15	15	12	12	2	10	15
	Cloretos (mg/L)	0	0	12	33	0	11	6	15	0	33
	Sulfatos (mg/L)	15	17	14	16	16	16	16	1	14	17
	Cálcio (mg/L)	6	6	6	4	4	6	6	1	4	6
	Magnésio (mg/L)	7	6	9	6	1	7	7	1	6	9
	Sódio (mg/L)										
	Potássio (mg/L)										
	Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	24	18	31	18	12	23	21	6	18	31	

Tempo: 24hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	6,30	6,80	6,50	7,00	6,65	6,65	0,31	6,30	7,00
	CE (µmho/cm)	27	29	22	28	26	27	3	22	29
	Alcalinidade (mg/L)	1,4	0,7	1,4	1,4	1,2	1,4	0,4	0,7	1,4
	Dureza (mg/L)	10	16	18	21	16	17	4	10	21
	Cloretos (mg/L)	3	3	3	9	4	3	3	3	9
	Sulfatos (mg/L)	17	17	17	14	16	17	1	17	17
	Cálcio (mg/L)	6	8	6	6	7	6	1	6	8
	Magnésio (mg/L)	4	1	5	2	3	3	2	1	5
	Sódio (mg/L)									
	Potássio (mg/L)									
Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bicarbonatos (mg/L)	24	18	24	24	23	24	3	18	24	

Tempo: 24hs	Parâmetros	Controle 1	Controle 2	Controle 3	Controle 4	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	5,80	4,20	5,52	4,27	4,95	4,90	0,83	4,20	5,80
	CE (µmho/cm)	6	9	9	7	7	8	1	6	9
	Alcalinidade (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Dureza (mg/L)	11	12	12	9	11	11	1	11	12
	Cloretos (mg/L)	12	9	18	12	13	12	4	9	18
	Sulfatos (mg/L)	14	13	15	14	14	14	1	13	15
	Cálcio (mg/L)	6	6	6	4	6	6	1	6	6
	Magnésio (mg/L)	5	7	10	4	7	6	3	5	10
	Sódio (mg/L)									
	Potássio (mg/L)									
Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bicarbonatos (mg/L)	6	6	6	6	6	6	0	6	6	

Valores dos Parâmetros Físico-químicos Analisados e Resumo Estatístico para Brita e Bolas de Vidro Imersos em Água Superficial Poluída. Data: 25/07/2000

Tempo: 0hs	Parâmetros	Coluna 1
	pH	7,95
	CE ($\mu\text{mho/cm}$)	1054
	Alcalinidade (mg/L)	28
	Dureza (mg/L)	217
	Cloretos (mg/L)	118
	Sulfatos (mg/L)	58
	Cálcio (mg/L)	75
	Magnésio (mg/L)	33
	Sódio (mg/L)	
	Potássio (mg/L)	
	Carbonatos (mg/L)	0
Bicarbonatos (mg/L)	320	

Tempo: 06hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Controle	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	7,76	7,64	7,66	7,67	7,79	7,68	7,67	0,05	7,64	7,76
	CE ($\mu\text{mho/cm}$)	1067	1058	1066	1067	1058	1065	1067	4	1058	1067
	Alcalinidade (mg/L)	28	27	27	26	27	27	27	1	26	28
	Dureza (mg/L)	226	214	223	223	223	221	223	5	214	226
	Cloretos (mg/L)	98	89	92	113	125	98	95	11	89	113
	Sulfatos (mg/L)	61	55	65	58	61	60	59	4	55	65
	Cálcio (mg/L)	73	92	75	79	81	80	77	8	73	92
	Magnésio (mg/L)	40	21	30	26	29	29	28	8	21	40
	Sódio (mg/L)										
	Potássio (mg/L)										
	Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	342	336	336	214	311	307	336	62	214	342	

Tempo: 12hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Controle	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	7,63	7,72	7,74	7,67	8,03	7,69	7,70	0,05	7,63	7,74
	CE (µmho/cm)	1067	1058	1053	1056	1053	1059	1057	6	1053	1067
	Alcalinidade (mg/L)	28	28	26	26	27	27	27	1	26	28
	Dureza (mg/L)	226	237	240	227	208	233	232	7	226	240
	Cloretos (mg/L)	119	125	104	104	137	113	112	11	104	125
	Sulfatos (mg/L)	61	65	55	63	67	61	62	4	55	65
	Cálcio (mg/L)	75	71	67	79	73	73	73	5	67	79
	Magnésio (mg/L)	36	35	41	25	40	34	36	7	25	41
	Sódio (mg/L)										
	Potássio (mg/L)										
	Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	342	317	275	323	323	314	320	28	275	342	

Tempo: 18hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Controle	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	7,33	7,37	7,41	7,53	7,95	7,41	7,39	0,09	7,33	7,53
	CE (µmho/cm)	1066	1062	1072	1071	1082	1068	1069	5	1062	1072
	Alcalinidade (mg/L)	28	28	27	28	28	28	28	1	27	28
	Dureza (mg/L)	217	220	223	220	223	220	220	2	217	223
	Cloretos (mg/L)	113	119	95	92	98	105	104	13	92	119
	Sulfatos (mg/L)	64	56	63	60	65	61	62	3	56	64
	Cálcio (mg/L)	87	100	94	77	79	89	90	10	77	100
	Magnésio (mg/L)	29	24	16	44	29	28	26	12	16	44
	Sódio (mg/L)										
	Potássio (mg/L)										
	Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	342	323	311	317	323	323	320	13	311	342	

Tempo: 24hs	Parâmetros	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	7,84	7,59	7,63	7,66	7,68	7,65	0,11	7,59	7,84
	CE (µmho/cm)	1066	1065	1043	1059	1058	1062	11	1043	1066
	Alcalinidade (mg/L)	28	27	28	26	27	27	1	27	28
	Dureza (mg/L)	220	215	221	215	218	218	3	215	221
	Cloretos (mg/L)	104	110	122	134	118	116	13	104	134
	Sulfatos (mg/L)	59	63	60	65	62	61	3	59	65
	Cálcio (mg/L)	75	83	75	75	77	75	4	75	83
	Magnésio (mg/L)	39	31	34	36	35	35	3	31	39
	Sódio (mg/L)									
	Potássio (mg/L)									
Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bicarbonatos (mg/L)	311	305	317	360	323	314	25	305	360	

Tempo: 24hs	Parâmetros	Controle 1	Controle 2	Controle 3	Controle 4	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
	pH	8,04	8,10	8,14	8,16	8,11	8,12	0,05	8,04	8,16
	CE	1021	1065	1065	1075	1057	1065	24	1021	1075
	Alcalinidade	28	28	28	28	28	28	0	28	28
	Dureza	212	236	217	217	220	217	11	212	236
	Cloretos	110	89	107	113	105	109	11	89	113
	Sulfatos	62	64	60	66	63	63	2	60	66
	Cálcio	69	73	81	73	74	73	5	69	81
	Magnésio	34	35	37	37	36	36	2	34	37
	Sódio									
	Potássio									
Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bicarbonatos	323	342	323	323	328	323	9	323	342	