

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ALUNO: ANTONIO AUGUSTO P. DE SOUSA
MATRÍCULA : 881.1155-4
PROCESSO Nº 00947
SUPERVISORA: BEATRIZ S. O. DE CEBALLOS

DESINFECÇÃO DE ÁGUAS BRUTAS:
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA
DE DIFERENTES MÉTODOS

CAMPINA GRANDE, JUNHO DE 1990



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

- I - PROCESSO Nº 00947
- II - ALUNO: ANTONIO AUGUSTO PEREIRA DE SOUSA
- III - CARGA HORÁRIA TOTAL : 560 horas
- IV - NÚMERO DE CRÉDITOS : 10 créditos
- V - PERÍODO DO ESTÁGIO : SETEMBRO/1989 ATÉ MARÇO/1990, COM 20 HORAS SEMANAIS.
- VI - CONCEITO DO RELATÓRIO FINAL : Excelente



Beatriz S. O de Ceballos
SUPERVISORA DO ESTÁGIO

CAMPINA GRANDE-PB, 26 DE JUNHO DE 1990

Í N D I C E

	Página
1. Introdução	1
2. Características do Estágio	3
- Treinamento prático de técnicas de labora- tório	3
- Avaliação dos diferentes métodos de desin- feccção	8
3. Materiais e Métodos	11
- Locais de coleta	11
- Parâmetros físico-químicos	11
- Parâmetros bacteriológicos	16
- Descrição dos diferentes métodos de desin- feccção	18
4. Apresentação e Análise dos Resultados	20
- Treinamento prático de técnicas de labora- tório	20
- Avaliação dos diferentes métodos de desin- feccção	23
- Valores médios mensais de parâmetros físi- co-químicos e microbiológicos do Açude Ve- lho, C. Grande - PB (Tabelas 1 a 5)	29
- Comportamento de bactérias indicadoras submetidas a decantação em quartinha, fil- tração e ação da luz solar (Gráficos 1 a 13 e Tabelas 6 a 18)	33
5. Discussão	48
6. Conclusões	50
- Referência Bibliográfica	51

1. INTRODUÇÃO

A água representa uma das necessidades básicas do homem. Atualmente a poluição tem atingido também os corpos de água. Para combater essa situação, torna-se indispensável uma política de educação ambiental abrangente, onde se dê ênfase à proteção e controle da qualidade das águas superficiais.

A poluição das águas é ocasionada por diversos fatores, como por exemplo: o crescimento populacional acompanhado de alto grau de urbanização torna os sistemas de esgotos das grandes cidades, antes adequados, rapidamente obsoletos e águas poluídas maltratadas ou sem tratamento são lançadas nos corpos receptores.

Águas contaminadas representam um risco à saúde devido a provável presença de organismos patogênicos, tais como: vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Por isso, é importante o tratamento e desinfecção em águas usadas para consumo humano. Desta forma, pode-se prevenir epidemias graves que causaram números elevados de mortes no século passado.

A necessidade de consumo de água leva as pessoas da área rural e não privilegiadas com água tratada a procurarem água em diversas fontes da região. De uma forma empírica, fatores estéticos, odor, sabor e cor, são os que definem o uso de um manancial.

A qualidade da água inicialmente era avaliada através de análises físico-químicas. Posteriormente foram desenvolvidas técnicas apropriadas para a análise bacteriológica, sendo a primeira a de tubos múltiplos.

As doenças de veiculação hídrica são causadas por bactérias, vírus e protozoários que vivem no intestino do homem e animais. Estes organismos podem sobreviver fora do trato gastrointestinal, na água, no lodo, esgoto e solo. São responsáveis por taxas elevadas de mortalidade e morbidade em países tropicais. A disseminação das doenças de transmissão hídrica é favorecida pelas deficiências higiênicas da população, tendo como causa principal a falta de saneamento básico. Esses organismos e as doenças por eles causados são apresentados a seguir:

- Alguns microrganismos patogênicos presentes em águas contaminadas

Organismos	Reservatório	Doenças
1- Bactérias:		
- <i>E. coli</i> patogênico	homem	diarreia
<i>Salmonella</i>		
- <i>Salmonella typhi</i>	homem	febre tifoidea
- <i>Salmonella paratyphi</i>	homem	febre paratifoidea
<i>Shigella</i> sp		
- <i>Vibrio cholerae</i>	homem	cólera
2- Vírus:		
-Vírus da Hepatite "A"	homem	hepatite infecciosa
Enterovírus		
-Poliovírus	homem	poliomelite; febre; meningite
-Coxsackie	homem	febre; meningite; doenças respiratórias
3- Protozoários:		
- <i>Giardia lamblia</i>	homem	giardíase
- <i>Entamoeba histolytica</i>	homem	amebíase
- <i>Ascaris lumbricoides</i>	homem	ascaridíase

Como faziam os povos mais antigos, que procuravam beber águas claras, o que obtinham deixando-as em potes de barro por alguns dias antes do seu uso, as pessoas da região nordeste armazenam as águas retiradas de barreiros, açudes e riachos em quartinhas ou em potes de barro maiores que estas. Elas usam também os conhecidos filtros de barro (filtros cerâmicos) para a purificação da água. Em alguns locais se faz uma filtração com um pano, passando a água por este, antes de colocá-la no filtro ou na quartinha. Desta forma são eliminadas as partículas em suspensão (impurezas) de maiores dimensões.

Outro método recomendado por órgãos públicos para se diminuir os riscos pelo consumo de água não tratada é a fervura. Embora, esta tenha uma eficiência elevada, apresenta o gasto adicional de gás, carvão ou lenha. Estes combustíveis são de altos custos em comparação com seus baixos rendimentos (se gasta 1 kg de lenha para cada litro de água).

2. CARACTERÍSTICAS DO ESTÁGIO

O estágio foi constituído de duas fases:

- 2.1- Treinamento prático de técnicas de laboratório aplicadas à Engenharia Sanitária e Ambiental e coleta de amostras de água.
- 2.2- Avaliação da eficiência de diferentes métodos de desinfecção de águas brutas.

O estágio foi desenvolvido na Área de Engenharia Sanitária e Ambiental do DEC/CCT/UFPB. O período de trabalho foi de setembro de 1989 à março de 1990.

- TREINAMENTO PRÁTICO DE TÉCNICAS DE LABORATÓRIO

Esta fase constituiu no aprendizado de técnicas usadas na avaliação físico-química e microbiológicas de águas e esgotos. Foram também vistas normas de segurança, manipulação de material de laboratório, preparação de soluções e meios de cultura.

Foram feitas práticas de esterilização de vidraria, soluções e meios utilizados na análise bacteriológica.

As técnicas estão especificadas em materiais e métodos.

Os parâmetros determinados foram:

Físico-químicos:

- Temperatura;
- Potencial hidrogeniônico - pH;
- Turbidez;
- Transparência;
- Oxigênio dissolvido (OD);
- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅);
- Nitratos;
- Ortofosfato solúvel.

Microbiológicos:

- Biomassa de algas (Cl_a);
- Coliformes fecais (CF);
- *Streptococcus fecalis* (EF);
- *Pseudomonas aeruginosa*.

Parâmetros físico-químicos:

TEMPERATURA

O efeito da temperatura na água está relacionado com a solubilidade dos gases no meio: a solubilidade é inversamente proporcional à temperatura. Por exemplo, para uma temperatura de 20, 25 e 30°C em água destilada, a 760 mmHg, a concentração de saturação de oxigênio é de 9,08 mg/l, 8,26 mg/l e 7,57 mg/l respectivamente.

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

Este parâmetro permite avaliar o grau de acidez ou alcalinidade de uma água, o qual é definido pelo teor de íons hidrogênio (H^+) presentes. O pH ótimo para sobrevivência dos microrganismos estudados se situa na faixa 6,5 a 8,5 unidades.

TURBIDEZ E TRANSPARÊNCIA

A turbidez da água é causada pela presença de matéria orgânica e inorgânica em suspensão, como por exemplo: argila, lodo e microrganismos em geral. Uma turbidez elevada é associada a odor e sabor na água. A mesma permite a sobrevivência de bactérias e vírus à desinfecção, porque pode formar uma camada protetora ao redor dos mesmos dificultando o acesso do desinfetante.

As normas internacionais para água de abastecimento público recomendam uma turbidez de 1,0 NTU e permitem um máximo de 5,0 NTU, sempre que não interfira com a desinfecção, com a manutenção de residuais efetivos do desinfetante no sistema de distribuição e que não afete as determinações bacteriológicas.

Uma boa visibilidade até certa profundidade do manancial oferece bom aspecto estético. A transparência de um manancial é um importante fator para a penetração da luz e a realização de fotossíntese. Também águas claras são as mais escolhidas para consumo humano, em locais onde não há água encanada.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Quando grandes quantidades de materiais orgânicos são descarregadas nos rios, ocorre uma explosão populacional de microrganismos decompositores (bactérias e fungos). Eles usam oxigênio causando a queda subsequente de seu nível na água. Este fato é conhecido como depressão de oxigênio. Sem oxigênio ou com níveis muito baixos a água se torna anaeróbica ou séptica. A população de microrganismos muda de aeróbica para anaeróbica. As bactérias anaeróbicas geram sul -

feto de hidrogênio, um gás de cheiro extremamente desagradável e nocivo, que em quantidades suficientes é tóxico; geram também metano. A reoxigenação da massa de água torna-se então necessária para uma autodepuração mais eficiente e sem odores.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DBO é definida como a quantidade de oxigênio utilizado pelas bactérias para a decomposição aeróbica da matéria orgânica presente numa massa de água.

O teste de DBO serve para determinar a força poluidora de uma água de acordo com a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos presentes usem a matéria orgânica biodegradável. O teste envolve a medida de oxigênio inicial e final, após a incubação da amostra sob condições padronizadas (5 dias a 20°C no escuro).

SAIS NUTRIENTES (NITRATO E ORTOFOSFATO SOLÚVEL)

Os sais nutrientes, derivados de nitratos e fosfatos, favorecem o crescimento dos microrganismos fotossintéticos, em especial das algas. Quando estes nutrientes estão em concentrações elevadas favorecem o crescimento exagerado de algas, que tornam o ecossistema instável e como consequência o aparecimento de problemas periódicos, como maus odores, e às vezes morte generalizada de peixes. Este fenômeno é consequência da eutrofização.

O processo de eutrofização ocorre da seguinte forma: as algas e vegetais verdes sintetizam matéria orgânica utilizando o CO_2 , como fonte de carbono, na presença da luz solar como fonte de energia. Nos ambientes oligotróficos, mesmo quando há bastante CO_2 e transparência da água, as algas têm seu crescimento limitado pela falta de nutrientes, principalmente de nitratos e fosfatos. Todavia, a elevação da concentração destes, produz um aumento na população de algas, desde que haja a presença de fontes de carbono e energia. Como consequência, há um aumento na concentração de oxigênio dissolvido permitindo um aumento da proliferação de pequenos animais que podem utilizar as algas como alimento e também, de peixes que se nutrem desses animais. No processo de eutrofização de um corpo aquático pode haver grande produção de matéria orgânica, superior à que o sistema é capaz de assimilar. Consequência disto é um aumento da quantidade de detritos orgânicos, cuja decomposição pelos microrganismos consome quantidades expressivas de oxigênio. Além disso, à noite, cessada a atividade fotossintética das algas, estas também passam a consumir parte do oxigênio produzido

durante o dia. Com a queda do oxigênio dissolvido, surgem outros gases resultantes da atividade de bactérias anaeróbias, como o sulfeto de hidrogênio e metano.

No estágio final do processo, o ecossistema aquático caracteriza-se pela pouca profundidade, devido a aceleração do assoreamento, bem como pelo alto déficit de oxigênio, organismos mortos (peixes) flutuando na superfície e grande quantidade de algas em decomposição.

Parâmetros bacteriológicos:

A análise bacteriológica de águas baseia-se na detecção de bactérias indicadoras de poluição fecal.

Os grupos bacterianos utilizados como indicadores reúnem a maioria das seguintes condições:

- 1- São organismos não patogênicos que vivem no trato intestinal do homem e de animais de sangue quente e são excretados em números elevados nas fezes (10^9 - 10^{11} bactérias/grama);
- 2- Estão presentes junto com os patogênicos;
- 3- Ocorrem em números mais elevado que os patogênicos;
- 4- São iguais ou mais resistentes que os patogênicos ao ambiente externo;
- 5- Não se reproduzem facilmente fora do trato intestinal;
- 6- São fáceis de detectar, isolar, identificar e quantificar em meios de culturas relativamente simples;
- 7- Seu crescimento em meios de culturas artificiais não é seriamente inibido pela presença de outras espécies;
- 8- Distribui-se aleatoriamente nas amostras, tornando possível sua distribuição uniforme por simples mistura;
- 9- Funcionam como indicadores universais.

A presença de bactérias indicadoras de poluição fecal em água indica a possível presença de organismos patogênicos. Os indicadores mais comumente utilizados são as bactérias coliformes (especialmente coliformes fecais ou termotolerantes) e estreptococos fecais. Porém, foram propostos *Pseudomonas aeruginosa* como indicadores adicionais.

Os indicadores deveriam sinalizar presença ou ausência de organismos patogênicos. No entanto, até agora não foi estabelecida uma relação quantitativa entre presença de bactérias indicadoras e patogênicos.

BIOMASSA DE ALGAS

A quantidade de algas ou biomassa num sistema aquático constitui um fator fundamental para avaliar o seu

nível de eutrofização.

Pode-se conhecer a quantidade de algas através dos seguintes procedimentos:

Métodos diretos:

- Contagem do número de algas num determinado volume da amostra;
- Avaliação do peso úmido e seco das algas presentes em um certo volume de amostra.

Método indireto:

- Avaliação da quantidade de pigmentos (clorofila a, b e c, carotenos, xantofila e ficobilinas) contidos nas células das algas.

O método de clorofila a é o mais frequentemente empregado, pois, todos os organismos que realizam fotossíntese contêm clorofila a, que é às vezes acompanhado por outros pigmentos, como, clorofila b, c, xantofilas e carotenos.

A escolha da quantificação indireta da biomassa de algas através da clorofila a é devido a simplicidade, rapidez e reproducibilidade do processo de extração do pigmento contido nas células das algas. Todavia, deve-se levar em consideração que a concentração de clorofila a não é constante, dependendo da espécie de algas considerado a idade e as condições fisiológicas das mesmas.

COLIFORMES

O grupo coliforme está constituído pelos gêneros *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e pela espécie *Escherichia coli*. O grupo pode ser dividido em organismos fecais e totais. Os coliformes fecais (especialmente *E. coli*) são de origem, exclusivamente fecal, enquanto que os coliformes totais estão presentes nas fezes, em águas naturais, no solo e em vegetais (*Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*).

Os coliformes fecais e totais são bastonetes Gram negativos, não esporulados de aproximadamente $0,2 - 0,3 \mu\text{m} \times 2 - 3 \mu\text{m}$, aeróbios ou facultativos. Fermentam a lactose em 24 - 48 horas a 37°C com produção de ácido e gás.

Durante o estágio foram isolados apenas os coliformes fecais, que possuem a propriedade de fermentar lactose a $44,5^\circ\text{C}$, com produção de ácido e gás. Através desta pro-

priedade são diferenciados dos coliformes totais. Devido a capacidade de crescer a temperaturas elevadas, os coliformes fecais são denominados coliformes termotolerantes. Como os coliformes totais podem não serem de origem fecal, são de valor limitado, por isso na avaliação de contaminação de águas é preferível o uso de coliformes fecais. Estas bactérias estão nas fezes humanas na concentração de 10^6 - 10^9 CF/grama.

ESTREPTOCOCOS FECALIS

Outros indicadores de poluição fecal são os estreptococos fecais os quais fora do intestino seriam mais resistentes que os coliformes fecais.

Os estreptococos fecais são bactérias em forma de cocos, Gram positivos, de aproximadamente 1 um de diâmetro, que se apresentam em cadeias curtas e formam parte da flora intestinal dos animais de sangue quente e do homem. Estas bactérias estão nas fezes humanas na concentração de 10^5 - 10^8 EF/grama.

Pseudomonas aeruginosa

As bactérias do gênero *Pseudomonas* são patógenos oportunistas encontrados na água, vegetais e solo. Elas produzem pigmentos verde, azul ou amarelo-esverdeado, solúvel em água, que se difundem no meio de cultura.

Pseudomonas aeruginosa é um bastonete Gram negativo, aeróbico, não esporulado de $2,0 \times 0,5$ um. Cresce em meios de cultura comuns e é fácil de isolar e quantificar. Elas são agentes etiológicos de infecção de feridas, dos aparelhos respiratório e urinário, da pele e do ouvido externo. Estas propriedades associadas a uma maior resistência ao cloro que os coliformes, tornam a *Pseudomonas aeruginosa* um indicador adequado para água de consumo humano.

Atualmente sua presença é considerada perigosa à saúde. Foi sugerido que os padrões de água para consumo humano e recreação incluam a determinação de *Pseudomonas aeruginosa*.

- AVALIAÇÃO DOS DIFERENTES MÉTODOS DE DESINFECÇÃO

Foram analisados dois sistemas de desinfecção bas-

tante utilizados na nossa região, devido ao baixo custo e simplicidade de operação. O primeiro foi o filtro de barro (cerâmico), com uma boa eficiência na remoção da turbidez, embora, com pouco conhecimento do seu efeito sobre as bactérias. O outro foi o da quartinha, que tem como princípio a decantação das partículas mais densas e pesadas. Ambos eram de fabricação local e artesanal, feitos de barro.

Outro método de desinfecção eficiente é a cloração da água, devido a sua ação bactericida. Contudo, este não tem ainda uma ampla aplicação nos locais desprovidos de água tratada. As restrições são motivadas por fatores como: falta de uma técnica simples e acessível às pessoas modestas da região; o custo de operação é elevado em comparação com outros métodos; aquisição do agente desinfetante; necessidade de um acompanhamento periódico para se ter informações da concentração de cloro residual e cuidados especiais indispensáveis no consumo de águas cloradas, para que não haja excesso nem ausência de cloro.

O efeito bactericida da luz ultravioleta é conhecido desde muito tempo atrás. Lâmpadas de U.V. (luz ultravioleta) são utilizadas na esterilização de instrumentos, superfícies e salas de cirurgia.

A luz ultravioleta abrange uma faixa de espectro compreendida entre 200-400 nm, tendo sido classificada por alguns autores em:

U.V. distante: 200-290 nm (U.V. - C)

U.V. média: 290-320 nm (U.V. - B)

U.V. próxima: 320-400 nm (U.V. - A)

Às vezes, U.V. - B e U.V. - A são consideradas como U.V. próxima. As radiações de comprimento inferiores a 290 nm são eficientemente absorvidas pela camada de ozônio, assim como parte da U.V. - B. Porém, a luz U.V. com ação bactericida efetiva sobre os microrganismos aquáticos ou terrestres, tem comprimento de onda maiores a 290 nm.

Ultimamente, tem sido observado que a luz visível, com comprimento de onda 400-750 nm, também induz alterações celulares que podem ocasionar a morte de bactérias em águas doces, de estuários e marinhas.

A ação bactericida da luz solar estaria potenciada por altas concentrações de oxigênio molecular através de reações de fotooxidação. Ainda não está elucidado o mecanismo destas reações, acredita-se que participam do processo moléculas "sensibilizadoras" intra e extracelulares, que são modificadas pela ação da luz. Elas passariam a um estado excitado, instável e interagiriam com outras moléculas num processo fotodinâmico, gerando oxigênio altamente reativo, o

qual agiria de forma letal sobre os microrganismos.

São "sensibilizadoras" diferentes tipos de compostos capazes de absorverem luz de 290 a 750 nm. Dentro das moléculas endógenas que favoreceriam a ação da luz, estão os citocromos, proteínas hem, flavinas, quinonas e triptofano. Elas agiriam como fotoreceptores, que captam radiações dos comprimentos de ondas supracitados; dentre as moléculas exógenas, as mais citadas são aminoácidos, como L - triptofano, peróxido de hidrogênio e ácidos húmicos.

Acredita-se que a morte de bactérias heterótrofas é causada indiretamente, através de modificações da membrana celular, como consequência dos processos citados e diretamente sobre o DNA, que absorve comprimento de ondas menor ou igual a 320 nm. Neste último caso, alterações produzidas nas bases púricas e pirimídicas inibem a reprodução bacteriana.

Experimentos feitos com *E. coli* mostraram que esta bactéria é rapidamente inativada com luz de comprimento de onda de 350-490 nm.

Desta forma, a luz solar que atravessa material transparente (plástico ou vidro) teria também atividade bactericida. Esta radiação é da ordem 320 - 700 nm.

A distribuição geográfica das radiações solares não é uniforme. A região nordeste do Brasil se encontra no denominado "Cinturão moderadamente favorável", entre o equador e 15° N. Em média esta zona tem 2500 horas de sol por ano e as variações sazonais são pequenas. Portanto a ação desinfetante da luz solar seria bastante eficiente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAIS DE COLETA

Foram coletadas amostras de açude e barreiros utilizados como fontes de água, como locais de recreação primária (natação) e como fonte de alimento (pesca).

COLETA DAS AMOSTRAS

Nas coletas das amostras foram utilizados frascos de vidro escuros estéreis com tampas de boca larga e capacidade mínima de 1 l (para se obter uma amostra representativa). A esterilização foi feita a 170°C durante uma hora, por calor seco (estufa). Nas coletas foi preservado a esterilidade dos frascos. Os frascos eram esterilizados com papel alumínio na boca dos mesmos, e só eram enchidos, até 4/5 da sua capacidade, para facilitar a agitação da amostra.

As amostras eram preservadas em caixas de isopor com gelo, a uma temperatura inferior a 10°C. Imediatamente após a coleta as amostras eram levadas ao laboratório e conservadas em geladeira até seu processamento. O tempo entre coleta e processamento não excedeu 4 horas.

- Parâmetros físico-químicos:

Temperatura

As medidas de temperatura foram efetuadas diretamente na massa de água com um termômetro de mercúrio, marca INCOTERM, de escala -30 a +50°C, protegido com uma tela metálica.

Potencial hidrogeniônico - pH

O pH foi medido com um potenciômetro PYE UNICAM, modelo PW 9418/30, provido de eletrodo combinado.

Turbidez

As leituras de turbidez foram efetuadas com um turbidímetro, marca HACH, modelo 2100 A, empregando-se as escalas 100 e 1000 NTU e padrões de 100 e 1000 NTU, respectivamente.

Transparência

Esta medida foi feita com o auxílio do disco de Secchi. Ele é formado por um disco de cor branca com 30 cm de diâmetro e suspenso por um cordão graduado em cm. A determinação é feita pelo mergulho do disco na massa de água até o seu completo desaparecimento e a leitura da profundidade na qual o disco desaparece.

Oxigênio dissolvido - OD

Empregou-se um eletrodo de membrana seletiva, onde se promove uma medida física direta. O medidor de oxigênio usado foi de marca CLANDOM, modelo YSI 54 A - OXYGEN METER. As leituras de oxigênio dissolvido foram feitas tomando-se os seguintes cuidados:

- Antes de usar a membrana seletiva, verificou-se, se esta não continha bolhas de ar.

- O medidor de oxigênio era calibrado em função de uma tabela que fornece a variação de oxigênio dissolvido com a temperatura. Isto era feito, lendo-se a temperatura do ar saturado, de um frasco com água destilada (enchido até aproximadamente a metade), no qual estava introduzido o eletrodo. Após correção da concentração de oxigênio dissolvido para a temperatura correspondente, se procedia a leitura das amostras.

Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

O teste consistiu em se determinar a diferença entre o oxigênio inicial da amostra e após um período de incubação de 5 dias a 20°C, no escuro. Para isso, uma quantidade de amostra era colocada em um frasco de DBO limpo, com um pH entre 6,5 - 7,5 (pH ótimo para oxidação da matéria orgânica, pelos microrganismos). Caso fosse necessário a correção para o mesmo, adicionava-se NaOH 1 N ou H₂SO₄ 1 N.

Para completar o volume dos frascos de DBO utilizava-se líquido de diluição e durante a incubação verificava-se o selo de água. Preparava-se, ainda, dois frascos de prova em branco, com apenas líquido de diluição, os quais eram incubados de forma idêntica às amostras.

PREPARAÇÃO DO LÍQUIDO DE DILUIÇÃO

Aerava-se um volume de água destilada, usando um aerador de aquário. De preferência era colocada a água na incubadora de DBO a 20°C, no dia anterior a análise.

Para cada litro de água destilada adicionava-se 1 ml dos seguintes nutrientes:

Solução tampão fosfato: KH_2PO_4	8,50 g/l
K_2HPO_4	21,75 g/l
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	33,40 g/l
NH_4Cl	1,70 g/l
Solução de sulfato de magnésio: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	22,50 g/l
Solução de cloreto de cálcio: CaCl_2	27,50 g/l
Solução de cloreto férrico: $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,25 g/l

O cálculo da DBO era feito da seguinte forma:

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \frac{(\text{OD}_{\text{pb}} - \text{OD}_{\text{f}}) \times V_{\text{frasco}} - (\text{OD}_{\text{pb}} - \text{OD}_{\text{a}})}{V_{\text{amostra}}}$$

- onde: OD_{pb} = oxigênio dissolvido da prova em branco;
 OD_{f} = oxigênio dissolvido após 5 dias de incubação a 20°C ;
 OD_{a} = oxigênio dissolvido da amostra;
 V_{frasco} = volume do frasco de DBO em ml;
 V_{amostra} = volume da amostra determinado de acordo com a qualidade da água em ml.

Nitrato

Esta análise foi feita pelo método do ácido cromotrópico, conforme recomendações do STANDARD METHODS (1985).

As amostras eram filtradas através de papel de filtro S&S Rundfilter, 589² Weißband/white ribbon, 0 90 mm e utilizava-se o filtrado. Os reagentes utilizados eram o sulfito uréia, reagente de antimônio, ácido cromotrópico e o ácido sulfúrico:

- sulfito uréia - o cloro residual e alguns oxidantes e nitrito produzem cor amarela com o ácido cromotrópico. A adição do sulfito uréia elimina as interferências de cloro residual e agentes oxidantes.
- antimônio - a adição deste elimina a interferência com o cloreto de ferro.
- ácido cromotrópico - 2 moles de nitrato reagem com 1 mol de ácido cromotrópico para formar um produto amarelo que tem absorvância máxima a 410 nm.
- ácido sulfúrico - as reações ocorrem em meio ácido, portanto, adiciona-se o ácido sulfúrico concentrado.

Adicionava-se uma gota de sulfito uréia e 2 ml do reagente de antimônio a um balão volumétrico de 10 ml que continha 2 ml da amostra. Agitava-se por rotação e deixava por 4 minutos em água gelada. Colocava-se 1 ml de ácido cromotrópico e após 3 minutos em água gelada, adicionava-se ácido sulfúrico concentrado, desde a bureta até perto da

marca de 10 ml e misturava-se 4 vezes por inversão. Deixava-se por 45 minutos à temperatura ambiente e completava-se o balão com ácido sulfúrico concentrado. As leituras eram realizadas entre 15 minutos a 24 horas, após o ajuste do volume, em comprimento de onda de 410 nm. Como as reações eram exotérmicas (liberação de calor), os balões eram colocados em água gelada.

Os padrões de nitrato foram feitos de forma idêntica às amostras, com concentrações de 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mg de NO_3^- N/l. Ainda era feito um branco com 2 ml de água destilada. A preparação dos padrões eram da seguinte forma:

Padrão 0,1 - 1 ml da solução padrão e completava-se para 100 ml;

Padrão 0,2 - 2 ml da solução padrão e completava-se para 100 ml;

Padrão 0,4 - 4 ml da solução padrão e completava-se para 100 ml. E assim sucessivamente.

As leituras foram realizadas num espectrofotômetro de marca SHIMADZU, modelo UV - 100-01.

PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES E REAGENTES

- Solução estoque de nitrato

Diluir 0,7218 g de KNO_3 (seco a 105°C por 24 horas) para 1000 ml; preservar com 2 ml de CHCl_3 ; 1 ml = 100 ug de NO_3^- N. Solução estável por 6 meses.

- Solução padrão de nitrato

Diluir 50 ml da solução estoque para 500 ml; 1 ml = 10 ug de NO_3^- N.

- Sulfito uréia

Dissolver 5 g uréia e 4 g Na_2SO_3 anidro em água e diluir para 100 ml.

- Reagente de antimônio

Aquecer 500 mg Sb metálico em 80 ml H_2SO_4 concentrado até que todo o metal seja dissolvido. Esfriar e adicionar cuidadosamente 20 ml de água gelada. Se houver a formação de cristais, redissolver por aquecimento.

- Reagente de ácido cromotrópico

Purificar o ácido cromotrópico e dissolver 100 mg do mesmo em 100 ml de H_2SO_4 concentrado e estocar num frasco âmbar. Prepara a cada duas semanas. Se a solução for incolor indica ausência de nitrato, contaminante do H_2SO_4 .

Ortofosfato solúvel

O método utilizado foi o do ácido Ascórbico, obedecendo recomendações do STANDARD METHODS (1985).

As amostras foram filtradas da mesma forma que as do nitrato. De acordo com o tipo das mesmas utilizava-se determinado volume do filtrado, por exemplo: para esgoto bruto retirava-se 5 ml, para as demais amostras foram processados 25 ml. Completava-se com água destilada em um balão volumétrico de 50 ml. Após transferir estas soluções para erlenmeyer de 250 ml, adicionava-se 8 ml do reagente combinado.

Os padrões utilizados para curva de calibração eram de 1; 2; 3; 4 e 5 mg P/l. A preparação destes foi feita da seguinte forma:

Padrão 1 (1 mg PO_4^{3-} P/l) - 1 ml da solução estoque era colocado em balão de 50 ml;
 Padrão 2 (2 mg PO_4^{3-} P/l) - 2 ml da solução estoque era colocado em balão de 50 ml;
 Padrão 3 (3 mg PO_4^{3-} P/l) - 3 ml da solução estoque era colocado em balão de 50 ml. E assim sucessivamente.

De cada padrão tomava-se 5 ml, os quais eram processados de forma idêntica às amostras. As leituras foram feitas de forma semelhante à do nitrato, modificando-se apenas o comprimento de onda para 880 nm.

PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES E REAGENTES

- Solução estoque de fósforo
 Diluir 219,5 mg de KH_2PO_4 anidro à 100 ml com água destilada; 1 ml = 50 ug de PO_4^{3-} P.
- Solução padrão de fósforo
 Diluir 50 ml da solução estoque à 1000ml com água destilada; 1 ml = 2,5 ug de PO_4^{3-} P.
- Reagente combinado
 - (A) Solução de ácido sulfúrico 5 N
 70 ml de H_2SO_4 concentrado, diluir para 500 ml com água destilada.
 - (B) Solução de tartarato de antimônio e potássio
 Dissolver 1,8715 g de $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ em 400 ml de água destilada em frasco volumétrico de 500 ml e diluir para 500 ml.
 - (C) Solução de molibdato de amônio
 Dissolver 20 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ em 500 ml de água destilada.
 - (D) Ácido ascórbico 0,01 M
 Dissolver 1,76 g de ácido ascórbico em 100 ml de água destilada. A solução é estável por uma semana à 4°C.

O reagente combinado é estável por 4 horas. Para 100 ml de reagente combinado, mistura-se na seguinte ordem: 50 ml de (A) + 5 ml de (B) + 15 ml de (C) + 30 ml de (D). Após a adição de cada componente, procedia-se à agitação.

A solução de molibdato de amônia mais o tartarato de antimônio e potássio reagem com o ortofosfato solúvel da amostra, em meio ácido (H_2SO_4 5 N), formando ácido fosfomolibdico. Este é reduzido pelo ácido ascórbico a uma cor intensa de azul molibdênio.

- Parâmetros bacteriológicos

Foram quantificadas as seguintes bactérias indicadoras: coliformes fecais, estreptococos fecais e *Pseudomonas aeruginosa*. As determinações foram feitas em duplicata.

Antes de se procederem as determinações, os frascos com as amostras eram homogeneizados, com repetidas agitações.

Para a quantificação foi usada a técnica de filtração por membrana, obedecendo recomendações do STANDARD METHODS (1985), com algumas modificações descritas neste texto.

O equipamento de filtração usado foi MILLIPORE, tipo "STERIFIL", com membrana de acetato de celulose tipo HAWG - 047 50, de 47 mm de diâmetro e poros de 0,45 um.

Biomassa de algas

O método usado para análise de clorofila *a* foi o da extração à quente com metanol 90%, segundo Jones (1979).

O resíduo resultante da filtração para o nitrato e fosfato era processado para se encontrar a concentração da clorofila *a*.

O papel de filtro era colocado num tubo de centrifuga e adicionado 7 ml de metanol 90%, de tal forma que aquele ficasse totalmente submerso. Em um banho maria colocava-se os tubos com metanol e a partir do início da fervura marcava-se 2 minutos. Após esta, deixava-se esfriar e completava com metanol até a marca de 7 ml. O papel de filtro era empurrado até a base do tubo de centrifuga e centrifugava-se por 5 minutos à 2500 RPM. Transferia-se o sobrenadante para tubos de ensaio de vidro pequenos. A leitura de clorofila *a* era feita a 665 nm e 750 nm, no mesmo espectrofotômetro utilizado na análise de nitrato e fosfato.

A leitura a 665 nm fornece a absorvância de clorofila *a* mais uma turbidez resultante de alguns fatores exter-

nos, tais como: possibilidade de sujeira na cuveta ou nas pipetas, pedaços de papel de filtro, etc.. Entretanto, na leitura a 750 nm era verificada apenas essa turbidez, porventura existente.

O cálculo da concentração da clorofila a é dado por:

$$\text{clorofila a (ug/l)} = (\text{DO}_{665} - \text{DO}_{750}) \times \frac{13 \times V_{\text{extrato}}}{e \times V_{\text{filtrado}}}$$

onde: DO_{665} = leitura espectrofotométrica a 665 nm

DO_{750} = leitura espectrofotométrica a 750 nm

13 = coeficiente de extinção da clorofila a em metanol 90%

e = espaço interno da cuveta

V_{extrato} = volume do extrato em ml

V_{filtrado} = volume do filtrado em l

Coliformes fecais

O meio de cultura usado foi Membrana Lauryl Sulphate Broth (Oxoid), preparado segundo indicações do fabricante, onde pesava-se 76,2 g e completava-se para 1 l com água destilada. Posteriormente era feita a esterelização em autoclave a 121°C durante 15 minutos. Conservava-se o meio em geladeira e corrigia-se o pH para 7,2 quando necessário, antes da esterelização.

A incubação foi efetuada a 44°C, durante 24 horas. Foram contadas as colônias amarelas.

Streptococos fecais

Foi usado o meio de cultura Agar KF *Streptococcus* agar (Oxoid), preparado segundo indicações do fabricante pesava-se 76,4 g do meio e completava-se para 1 l. Esterelizava-se por aquecimento até que o agar estivesse totalmente dissolvido. Verificava-se o pH estava em $7,2 \pm 0,2$. Esperava-se que a temperatura alcançasse 50°C e adicionava-se TTC 1%, para que as colônias a serem formadas tivessem coloração vermelha. Distribuía-se em placas, deixando-as esfriar e solidificarem. Após isto conservava-se em geladeira.

A incubação foi feita 44,5°C durante 48 horas, foram contadas as colônias vermelhas.

Pseudomonas aeruginosa

Empregou-se o meio m-PA de LEVIN e CAPELLI, 1972. O meio era preparado segundo a composição indicada pelos au-

tores supracitados.

Esterilizava-se em autoclave a 121°C, durante 15 minutos. Após resfriar a 60°C corrigia-se o pH até 7,2 e adicionava: sulfapiridina - 17,6 mg; kanamicina - 0,85 mg; ácido nalidixico - 3,7 mg; cicloheximida - 15 mg; ceftrimida - 0,1 g. Estas concentrações são para 100 ml do meio.

A incubação foi efetuada a 41°C durante 72 horas. As colônias cinza esverdeadas e estreladas com centro preto foram consideradas presuntivas *P. aeruginosa* e contadas.

O teste de confirmação foi feito com colônias típicas crescidas na membrana, repicadas no meio Agar Leite, para se observar a produção de pigmentos e a hidrólise da caseína.

Estas placas foram incubadas a 37°C, durante 24 horas. Neste meio estas bactérias originam colônias verde amareladas, rodeadas de halo transparente. Finalmente era feito o teste de oxidase que manifesta a presença da enzima citocromo oxidase, típica de organismos aeróbios, tais como as *P. aeruginosa*.

DESCRIÇÃO DOS DIFERENTES MÉTODOS DE DESINFECÇÃO

Usaram-se os seguintes métodos: filtração por filtro cerâmico, decantação por quartinha e luz solar.

Filtros de cerâmica e quartinha

A limpeza do filtro de barro e da quartinha eram feitas no dia anterior a análise, deixando-os com água sanitária por 24 horas, tendo-se previamente lavado os filtros de cerâmica com uma esponja, para retirar as partículas que ficavam agregadas as suas paredes. Após este tempo, lavava-se com água da torneira quente e fria, com agitações constantes. Este procedimento era feito 5 vezes e depois passava-se, mais 5 vezes, água destilada para remover o cloro residual, porventura deixado pela água sanitária.

Antes de colocar a amostra, era feito na última água de lavagem um teste para verificar a concentração de cloro residual. Em todos os ensaios foi observado a completa ausência deste. Foram realizado também nesta água e antes das análises, testes de coliformes fecais e estreptococos fecais, onde verificava-se ausência destes microrganismos.

As amostras tiradas para análise bacteriológica eram coletadas de forma asséptica, por meio de pipetas estéreis e com algodão na extremidade e imediatamente processa-

das.

Os intervalos usados para as análises bacteriológicas foram a cada uma hora, durante 5 horas, 24, 48 e 72 horas. Foram feitas análises da água da parte superior do filtro e da parte inferior, após a filtração. Foram medidos também turbidez e pH, nos mesmos intervalos de tempo, em alíquotas das amostras. As amostras da quartinha foram processadas da mesma forma.

Em algumas análises foram inoculados esgotos domésticos para se aumentar a população bacteriana e observar a eficiência dos métodos nessas circunstâncias. Foi utilizada água com diferentes graus de turbidez e diferentes pH.

Ação da luz solar

Os testes de desinfecção pela luz solar foram feitas em conjuntos de 14 garrafas de vidro transparente, contendo o mesmo volume de líquido. Seis destas garrafas eram numeradas de 1 a 6 e colocadas no sol e seis eram mantidas na escuridão. Cinco delas eram utilizadas para a quantificação bacteriana, sendo processadas de hora em hora; a sexta garrafa de cada conjunto continha um termômetro, onde se procedia a leitura horária da temperatura, no sol e na escuridão.

Nos experimentos onde foi determinada a concentração bacteriana após 24, 48 e 72 horas, as garrafas número cinco de cada conjunto (após 5 horas de exposição ao sol ou no escuro) eram conservadas sob condições de laboratório e após os tempos supracitados, procedia-se à quantificação bacteriana.

Os experimentos sobre ação da luz solar foram realizados em 3 tipos de água e soluções: Água destilada pH-7,5, Solução tampão fosfato pH-7,2 \pm 0,5 e água do Açude Velho pH-8,2/8,5.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS

4.1- Primeira fase:

Treinamento Prático de Técnicas de Laboratório

Os resultados apresentados a seguir correspondem a parâmetros físico-químicos e de biomassa de alga, coletados durante esta fase do presente estágio. Estes parâmetros serviram para avaliar de forma aproximada o nível de eutrofização do Açude Velho, Campina Grande - PB.

São apresentados os dados de 12 pontos de coleta (3 centrais e 9 na margem), no período de outubro de 1989 à fevereiro de 1990.

A figura 1 apresenta um croquis do Açude Velho e a localização dos pontos de coleta.

As Tabelas 1 a 5 apresentam os valores medios mensais de parâmetros físico-químicos e biomassa de algas (clorofila a).

Foram feitas coletas em 12 pontos a uma profundidade de 20 cm, com exceção de X12 e X10, dos quais:

X12 e X10: correspondem a efluentes de esgoto que contribuem para o açude; a coleta era feita diretamente no jato de entrada dos esgotos;

X9: ponto da margem que recebe a contribuição direta do X10;

X4: ponto da margem que recebe uma contribuição intermitente de esgotos;

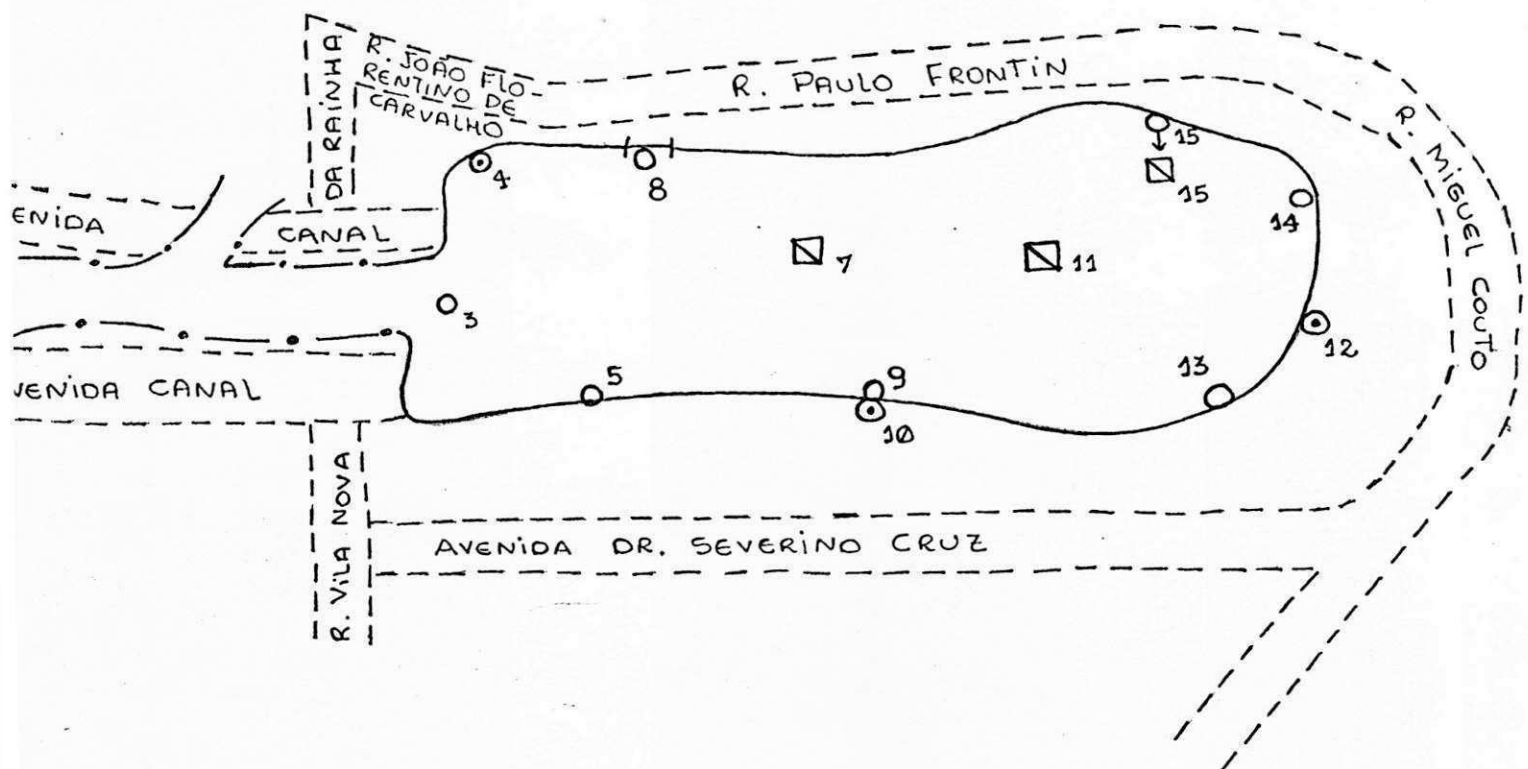
X3, X5, X8, X13 e X14: pontos da margem que não recebem esgoto;

X7, X11 e X15: pontos centrais.

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados para transparência. Observa-se que no período novembro-dezembro/89 houve uma diminuição desses valores na maioria dos pontos. Provavelmente isto foi devido a uma diluição das águas do açude, como consequência de chuvas esparsas nestes meses.

Nos pontos X12 e X10 não foi possível determinar transparência, porque não existem condições de mergulhar o disco de Secchi em jatos de água. Pela média dos períodos, verifica-se que os menores valores para este parâmetro se encontraram nos pontos X9 e X4, devido a, receberem esgotos, e estarem, sendo influenciados pela cor escura dos mesmos. Estes pontos apresentaram intenso assoreamento, como conse-

FIGURA 1 - Croqui dos pontos de coleta do Açude Velho, Campina Grande-PB.



- - Açude Velho
- · - Canal das piabas
- - - - - Avenidas e ruas
- - Pontos na margem do açude
- ◻ - Pontos no centro do açude
- ⊙ - Pontos de entrada de esgoto em forma de jato

Obs.: O ponto 15, inicialmente localizado na margem do açude foi transferido, a partir de 19 de outubro de 1989, para o centro.

quência da sedimentação de partículas trazidas pelos esgotos.

A Tabela 2 apresenta os resultados de DBO_5 . Os maiores valores de DBO_5 foram encontradas nos pontos X12, X10, X9 e X4, o que era esperado, por serem locais que recebem esgoto, tendo conseqüentemente uma maior concentração de matéria orgânica. Pontos X12 e X10 apresentaram uma redução deste parâmetro nos meses novembro-dezembro/89, os quais coincidem com o período de chuvas. Todavia, não foi observado diminuição nos demais pontos. Esta aparente contradição pode ser explicada pelo fato do açude receber juntos aos esgotos, águas pluviais, que causaram uma diluição dos mesmos neste período, afetando a concentração de matéria orgânica. Pelo contrário, os pontos que não recebem esgoto não foram afetados de forma significativa, visto que o açude apresenta sua própria biota, que exerce uma DBO_5 e a qual não foi modificada substancialmente pela chuva.

A Tabela 3 apresenta as médias mensais da concentração de nitrato. Estas não apresentaram diferenças acentuadas entre os diferentes pontos ao longo do período de amostragem. Todavia, nos três primeiros meses os pontos centrais tiveram valores mais baixos, provavelmente como conseqüência de um processo de diluição dos nitratos carreados pelos esgotos. A partir de janeiro/90, se observa um aumento dessas concentrações devido a um possível aumento dos mesmos nos esgotos. No entanto, este comportamento do nitrato não foi idêntico em todos os pontos.

A Tabela 4 mostra os valores de ortofosfato solúvel. Verifica-se que as maiores concentrações deste correspondem às amostras que recebem esgotos. O ortofosfato provém da decomposição de detritos orgânicos (fezes e urina) e dos detergentes de uso doméstico. Os valores de ortofosfato, nos demais pontos, foram baixos, embora, X13 tenha tido na média do período de amostragem um valor igual ao do X4. Isto possivelmente ocorreu devido a sua relativa proximidade do X12.

A Tabela 5 apresenta os valores médios mensais da biomassa de algas. Nos pontos com esgotos não foi feita esta determinação, visto que, as algas não se desenvolvem neste tipo de água. No entanto, no ponto X4, por ter contribuição intermitente, foi feita esta análise. Na maioria dos pontos estudados foi observado um aumento da biomassa de algas em novembro/89, com uma queda na concentração a partir de dezembro. Esta diminuição pode ter sido provocada por vários fatores, tais como:

- fatores climáticos, como as chuvas ocorridas nos meses de dezembro; que elevaram a lâmina de água do Açude Ver-

lho em 8cm (dado fornecido pela Área de Hidrologia, UFPB-Campus II);

- oxigenação artificial, através de um compressor, efetuada pela Prefeitura Municipal de Campina Grande.

A partir de janeiro/90 verifica-se uma diminuição acentuada da clorofila *a*, provocada possivelmente por um aumento na intensidade luminosa. Este aumento pode ter afetado o comportamento das algas predominantes no período anterior, seja causando sua morte, seja provocando seu deslocamento para camadas mais profundas da massa líquida, as quais não foram amostradas.

4.2- Segunda fase:

Avaliação dos Diferentes Métodos de Desinfecção

Os resultados desta fase são apresentados nos Gráficos de 1 à 13 e nas Tabelas 6 à 18. Os experimentos foram reunidos em três grupos de acordo com o método de desinfecção utilizado.

a) DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

Os Gráficos 1-4 mostram o comportamento de coliformes fecais e estreptococos fecais em quatro experimentos com águas de açudes e barreiros conservadas em quartinha de barro. As Tabelas 6-9 apresentam as porcentagens de redução horária e acumulada destas bactérias nos mesmos experimentos.

No experimento 1 (Gráfico 1) observa-se um comportamento aleatório dos coliformes fecais e um pequeno decréscimo após 5 horas de decantação. A Tabela 6 mostra que esta diminuição foi na ordem de 3 % da população inicial. Os estreptococos fecais apresentam um decréscimo de aproximadamente 24 % na primeira hora e aumentaram em 7.7 % na segunda, terceira e quinta horas. Este experimento foi feito com água inoculada com esgoto doméstico bruto do Açude Velho, Campina Grande-PB, turbidez 3 NTU e pH 8,1 unidades, tendo número inicial de 600 CF/ml e 130 EF/ml.

O experimento 2 (Gráfico 2) mostra novamente um comportamento aleatório para coliformes fecais, com o aumento nas 5 primeiras horas, correspondente a 218 % do número inicial (Tabela 7). No entanto, após 24 horas houve uma diminuição acentuada e igual a 90.7 % da população das 5 horas e 70.5 % da população inicial. Os estreptococos fecais aumentaram na primeira hora em 475 %, para se manter neste patamar e posteriormente decair. Após 24 horas do início do

experimento, o número de estreptococos fecais foi inferior em 72 % a população das 5 horas. Contudo, houve um acréscimo 75 % da população inicial. Esta amostra foi com água do Açude Velho não inoculada com esgoto, turbidez 6 NTU e pH 7,9 unidades, com número inicial de 44 CF/ml e 4 EF/ml.

O experimento 3 (Gráfico 3) apresenta um decréscimo de coliformes fecais e estreptococos fecais após 5 horas de 20,5 % e 73,5 % da população inicial, respectivamente (Tabela 8). Após 24 horas houve um decréscimo acumulado de 86 % de coliformes fecais e de 78 % de estreptococos fecais, os quais foram mais acentuados depois de 48 horas (99,6 % para coliformes fecais e 98,8 % para estreptococos fecais). Este experimento foi feito com água do Açude Velho inoculada esgoto doméstico bruto. Tinha turbidez de 2 NTU e pH 8,1 unidades, e número inicial de 460 CF/ml e 170 EF/ml.

O experimento 4 (Gráfico 4) apresenta um decréscimo de coliformes fecais na primeira hora e um comportamento aleatório posterior. Observa-se que após 5 horas estas bactérias apresentaram uma redução acumulada próxima a 29 % (Tabela 9), enquanto estreptococos fecais aumentaram em 50 %. Após 24 horas as concentrações de ambos grupos de bactérias diminuíram, na ordem de 65 % para coliformes fecais e de 100 % para estreptococos fecais. As 72 horas, os coliformes fecais apresentaram uma diminuição acumulada de 93 % e os estreptococos fecais não foram detectados, o que sugere a morte destes no sistema. Este experimento foi feito com água não inoculada de Barreiro, com turbidez 410 NTU e pH 7,5 unidades, tendo número inicial de 210 CF/ml e 6 EF/ml.

Os experimentos 1 e 3 apresentam um comportamento semelhante de coliformes fecais e estreptococos fecais no período de 5 horas.

Vários fatores podem ter influenciado na redução da população bacteriana, como:

- sedimentação;
- morte por falta de nutrientes;
- morte por competição com outros microrganismos;
- presença de predadores.

A morte bacteriana por falta de nutrientes e competição com outros microrganismos parece mais provável já que um decaimento mais acentuado das duas populações bacterianas se verifica às 24 horas e aumenta ao longo do tempo, com 48 e 72 horas de estocagem da água. Neste período a diminuição de turbidez foi escassa, e muito provavelmente, essa pequena variação não foi causante de sedimentação bacteriana.

A presença de predadores no inóculo poderia explicar o decaimento de coliformes fecais após 5 horas nos exper-

rimentos 1 e 3, o que não aconteceu nos experimentos 2 e 4.

O comportamento aleatório dos estreptococos fecais nas cinco primeiras horas, com tendência ao aumento de sua população pode-se dever a sua maior resistência às condições ambientais.

b) FILTRAÇÃO EM FILTRO DE BARRO COM VELA CERÂMICA

Os Gráficos 5-9 mostram os resultados de 5 experimentos onde foi estudado o comportamento de coliformes fecais e estreptococos fecais em águas submetidas à filtração em filtro de barro comum. O filtro utilizado possuía 2 velas de cerâmica com carvão ativado (marca POZZANI).

Neste sistema foi analisado ao longo do tempo o número remanescente de coliformes fecais e estreptococos fecais na parte superior do filtro (A = água antes da filtração) e na parte inferior (B = água após filtração).

As Tabelas 10-13 mostram a redução ou acréscimo, horária e acumulada do número de bactérias.

No experimento 5 (Gráfico 5) observa-se que na parte superior do filtro (A) houve uma oscilação do número de coliformes fecais e estreptococos fecais. Após 5 horas os coliformes fecais apresentaram uma redução de apenas 18 % e os estreptococos fecais de aproximadamente 8 % (Tabela 10). Na água filtrada (B), após a primeira hora, verificou-se uma redução acentuada dos dois grupos bacterianos, sendo de aproximadamente 98 % para as CF e de 97 % para EF. Posteriormente, os coliformes fecais se mantiveram constante, tendo uma redução nas cinco primeiras horas de 99,75 %, enquanto que os estreptococos fecais experimentaram um acréscimo após a segunda hora, tendo uma redução de 97,7 % nas cinco horas estudadas. Este experimento foi feito com água inoculada do Açude Velho, Campina Grande-PB, com turbidez 3 NTU e pH 8,1 unidades, com número inicial de 600 CF/ml e 130 EF/ml.

O experimento 6 (Gráfico 6) apresenta resultados obtidos nas mesmas condições que o anterior (água inoculada do Açude Velho, Campina Grande-PB, com turbidez 2 NTU e pH 8,1 unidades, com número inicial de 460 CF/ml e 170 EF/ml). Observa-se que os coliformes fecais na parte superior do filtro (A) apresentaram um pequeno aumento na primeira hora de aproximadamente 12 % (Tabela 11). Após quatro horas de filtração, os mesmos começaram a decair, para apresentar na quinta hora um decréscimo acumulado de mais ou menos 22 %. Esse decréscimo acentou-se após 24 e 48 horas, alcançando

uma redução acumulada de 94%. Os estreptococos fecais tiveram comportamento semelhante aos coliformes fecais. Na água filtrada após a primeira hora, os dois grupos bacterianos diminuíram em 92,4 % para CF/ml e 95,6 % para EF/ml. Depois das 5 horas, a redução acumulada foi aproximadamente, para coliformes fecais de 94 % e para estreptococos fecais de 97 %.

O experimento 7 (Gráfico 7) mostra que na parte superior do filtro (A) o comportamento foi semelhante ao observado no experimento 5, com uma redução de apenas 8 % (Tabela 12) após 24 horas. Na parte inferior do filtro (B) houve uma redução de 99,3 % depois da primeira hora. Posteriormente, o decréscimo acentua-se, para alcançar uma redução de 100 % após 4 horas. A ausência de coliformes fecais após as 4 horas, sugere fortemente que as bactérias morreram no sistema e ainda que, após este tempo, não houve entrada de novas bactérias da parte superior para a parte inferior (provavelmente ficaram retidas nas velas) ou que morreram rapidamente após chegarem na parte inferior. Esta amostra foi de solução tampão fosfato - pH $7,2 \pm 0,5$, com turbidez < 1 NTU e pH 7,2 unidades, tendo número inicial de 2500 CF/ml.

O experimento 8 (Gráfico 8) mostra que na parte superior do filtro houve um comportamento aleatório dos coliformes fecais com um decréscimo acentuado a partir das 24 horas, alcançando uma redução acumulada de 99 % de CF nas 72 horas (Tabela 13). Os estreptococos fecais foram reduzidos em 100 % nas 24 horas e não foram detectados após 48 e 72 horas. Este comportamento é aproximado ao observado com a mesma água no experimento com quartinha, dos resultados apresentados no Gráfico 4 e Tabela 9, principalmente no número de estreptococos fecais. Este experimento foi feito com água não inoculada de barreiro com turbidez 410 NTU e pH 7,5, tendo número inicial de 210 CF/ml e 6 EF/ml.

Ainda no experimento 8, na parte inferior do filtro (B) verifica-se que após a primeira hora houve uma redução de 100 % (Tabela 13) dos dois grupos bacterianos. Sua ausência nas horas seguintes confirmam o observado no gráfico 8. No experimento anterior o decaimento de 100 % foi observado nas 4 horas, enquanto neste esta redução foi detectada na primeira hora. Por outro lado, foi observado uma grande diferença na turbidez entre a água da parte superior (410 NTU) e inferior (< 1 NTU). Provavelmente as partículas de turbidez aderidas nas velas de cerâmica impediram a passagem das bactérias e conseqüentemente ocasionaram uma maior eficiência da filtração.

Embora exista semelhança na qualidade da água do experimento 5 (Gráfico 5/Tabela 10) com o experimento 6 (Gráfico 6/Tabela 11), aquele apresenta maior eficiência, alcançando reduções superiores a 99 % após duas horas, o que só se conseguiu neste último, após 24 horas. Estamos eficientes no experimento 6, provavelmente, se deve a um des-

gaste das velas pelas sucessivas lavagens, após os experimentos anteriores.

c) AÇÃO DA LUZ SOLAR

Os Gráficos 9-13 apresentam os resultados do comportamento de coliformes fecais e estreptococos fecais em 5 experimentos realizados com água de diferentes qualidades e soluções tampões, quando submetidas a ação da luz solar. As Tabelas 14-18 mostram as percentagens de redução horária e acumulada correspondentes aos mesmos experimentos.

Os experimentos 9 e 10 foram feitos com solução tampão de pH $7,4 \pm 0,5$ (Gráficos 9 e 10). Pode-se observar que nos frascos expostos à luz solar houve um decréscimo dos coliformes e estreptococos fecais, enquanto nos frascos mantidos no laboratório não ocorre redução em nenhum desses experimentos, após 5 horas.

No Gráfico 9 é importante observar que houve um maior decréscimo de estreptococos fecais em relação aos coliformes fecais nas amostras expostas a luz solar, já o Gráfico 10 mostra o comportamento inverso. No primeiro caso, os coliformes fecais apresentaram uma redução acumulada de 61,5 % e os estreptococos de 95,8 % (Tabela 14). No segundo caso, os coliformes diminuíram 99,87 % e os estreptococos fecais 97,8 % (Tabela 15). O experimento 9 tinha turbidez <1 NTU e com número inicial de 5200 CF/ml e de 3500 EF/ml, enquanto que o experimento 10 tinha turbidez <1 NTU e número inicial de 6430 CF/ml e de 1425 EF/ml.

No Gráfico 11 observa-se que nos frascos submetidos à ação da luz solar houve um acentuado decréscimo de coliformes fecais e estreptococos fecais. A Tabela 16 mostra que os valores são de 99,2% para CF e de 100% para EF, após 5 horas. Neste experimento foi inoculado esgoto na água não esterilizada, a qual tinha uma turbidez de 6 NTU, pH de 8,2 e número inicial de 7364 CF/ml e 3800 EF/ml.

No experimento 12 (Gráfico 12) os coliformes e os estreptococos fecais nos frascos sob ação da luz solar, não apresentaram a mesma redução do experimento anterior, verificando-se pela Tabela 17 um decréscimo de apenas 32,5 % de coliformes fecais e 98,1 % de estreptococos fecais, após as 5 horas. Valores de 97 % de redução acumulada de coliformes fecais e de 99,5 % para estreptococos fecais, foram obtidos somente, após 24 horas. Neste experimento inoculou-se esgoto em água do Açude Velho, esterilizada e turbidez média de 26,5 NTU, pH 8,5 unidades, tendo número inicial de 5700 CF/ml e 2600 EF/ml.

Esta discrepância entre estes dois últimos experi-

mentos pode ter sido ocasionado por fatores, como:

a) A maior turbidez da água no experimento 12. Sabe-se que a turbidez dificulta a penetração da luz solar na massa de água e portanto diminui a ação da mesma sobre as bactérias.

b) A diferente qualidade biológica da água. No experimento 12 a esterilização antes da inoculação causou a morte de todos os organismos autoctonos presentes na água. Com isso foram eliminados microrganismos competidores e predadores de coliformes fecais e estreptococos fecais. Desta forma, pode-se-ia explicar a menor redução observada no experimento 12.

O experimento 13 (Gráfico 13) mostra uma redução de coliformes fecais e estreptococos fecais para os frascos submetidos à ação da luz solar, após 5 horas. Pela Tabela 18 observa-se uma redução semelhante a da tabela 15 (experimento 10 - solução tampão). Os valores do decréscimo são de 99,8% e 99,6% para CF e de 97,8% e 97,7% para EF do experimento 10-13 respectivamente. Esta semelhança sugere que pela faixa de pH (7,5 - 7,8) em que foi feito o experimento este não foi um fator de morte das bactérias estudadas.

TABELAS

(1 A 5)

VALORES MÉDIOS MENSIS DE PARÂMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO AÇUDE VELHO,
CAMPINA GRANDE - PB

TABELA 1

Valores medios mensais de TRANSPARENCIA (cm) do Açude Velho
Campina Grande - PB (Outubro/1989 - Fevereiro/1990)

Pontos	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Media
X12	jato	jato	jato	jato	jato	jato
X10	jato	jato	jato	jato	jato	jato
X9	50	46	nf	40	40	44
X3	65	33	40	60	70	54
X4	40	25	30	30	60	37
X5	75	51	40	75	90	66
X8	65	43	50	70	80	62
X13	63	30	30	50	70	49
X14	75	43	50	65	50	57
X7	65	44	60	nf	50	55
X11	65	46	60	70	60	60
X15	73	48	60	70	60	62

OBS: jato - Não se pode medir o parametro neste tipo de afluente
nf - Analise nao feita

TABELA 2

Valores medios mensais de DBD (mg/l) do Açude Velho
Campina Grande - PB (Outubro/1989 - Fevereiro/1990)

Pontos	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Media
X12	110	48	8	166	105	87
X10	40	24	nf	77	31	43
X9	13	24	nf	56	19	28
X3	12	9	5	11	5	8
X4	37	20	7	15	17	19
X5	10	9	6	15	16	11
X8	7	10	5	13	8	9
X13	13	11	20	17	7	14
X14	9	9	7	11	7	9
X7	11	12	7	16	15	12
X11	14	12	8	13	8	11
X15	7	13	9	14	9	10

OBS: nf - Analise nao feita

TABELA 3

Valores medios mensais de NITRATO (mg N/l) do Açude Velho
Campina Grande - PB (Outubro/1989 - Fevereiro/1990)

Pontos	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Media
X12	0.480	0.470	nf	0.710	1.130	0.698
X10	0.300	0.410	nf	0.710	1.240	0.665
X9	0.220	0.410	nf	0.910	0.150	0.423
X3	0.350	0.370	0.240	0.090	0.150	0.240
X4	0.330	0.390	0.150	0.090	0.980	0.388
X5	0.280	0.370	0.240	0.090	0.150	0.226
X8	0.300	0.350	0.240	0.910	0.150	0.390
X13	0.430	0.460	0.060	0.910	0.410	0.454
X14	0.170	0.420	0.950	0.710	0.980	0.646
X7	0.000	0.150	0.400	0.710	0.980	0.448
X11	0.080	0.260	0.230	0.910	0.520	0.400
X15	0.220	0.230	0.400	0.910	0.150	0.382

OBS: nf - Analise nao feita

TABELA 4

Valores medios mensais de ORTOFOSFATO SOLUVEL (mg P/l) do Açude Ve
Campina Grande - PB (Outubro/1989 - Fevereiro/1990)

Pontos	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Media
X12	0.830	0.930	nf	1.080	1.600	1.110
X10	1.370	0.990	nf	1.830	1.200	1.348
X9	1.050	1.080	nf	1.260	0.990	1.095
X3	0.150	0.060	0.010	0.030	0.000	0.050
X4	0.250	0.080	0.040	0.030	0.470	0.174
X5	0.020	0.060	0.020	0.030	0.000	0.026
X8	0.020	0.050	0.010	0.030	0.000	0.022
X13	0.020	0.070	0.720	0.030	0.000	0.168
X14	0.030	0.140	0.010	0.030	0.000	0.042
X7	0.040	0.050	0.004	0.030	0.000	0.025
X11	0.040	0.050	0.004	0.030	0.000	0.025
X15	0.090	0.030	0.004	0.030	0.000	0.031

OBS: nf - Analise nao feita

TABELA 5

Valores medios mensais de BIOMASSA DE ALGAS (Cl_a ug/l) do Açude Ve
Campina Grande - PB (Outubro/1989 - Fevereiro/1990)

Pontos	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Media
X12	jato	jato	jato	jato	jato	jato
X10	jato	jato	jato	jato	jato	jato
X9	jato	jato	jato	jato	jato	jato
X3	93.8	71.4	62.8	12.1	9.6	49.9
X4	68.3	64.4	43.7	27.8	7.2	42.3
X5	56.1	62.6	61.9	12.1	9.6	40.5
X8	47.7	95.2	61.0	8.6	11.3	44.8
X13	37.0	75.3	0.9	8.2	8.5	26.0
X14	35.8	62.0	53.7	6.9	11.5	34.0
X7	54.3	113.3	64.3	9.7	9.8	50.3
X11	71.7	105.6	62.5	6.8	8.1	51.0
X15	93.6	101.5	68.5	7.6	7.9	55.8

OBS: jato - Nao se pode medir o parametro neste tipo de afluente

GRÁFICOS (1 A 13)

E

TABELAS (6 A 18)

COMPORTAMENTO DE BACTÉRIAS INDICADORAS
SUBMETIDAS A DECANTAÇÃO EM QUARTINHA,
FILTRAÇÃO E AÇÃO DA LUZ SOLAR

GRAFICO 1 — DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

Resultado da CF-EF em agua do Aq. Velho

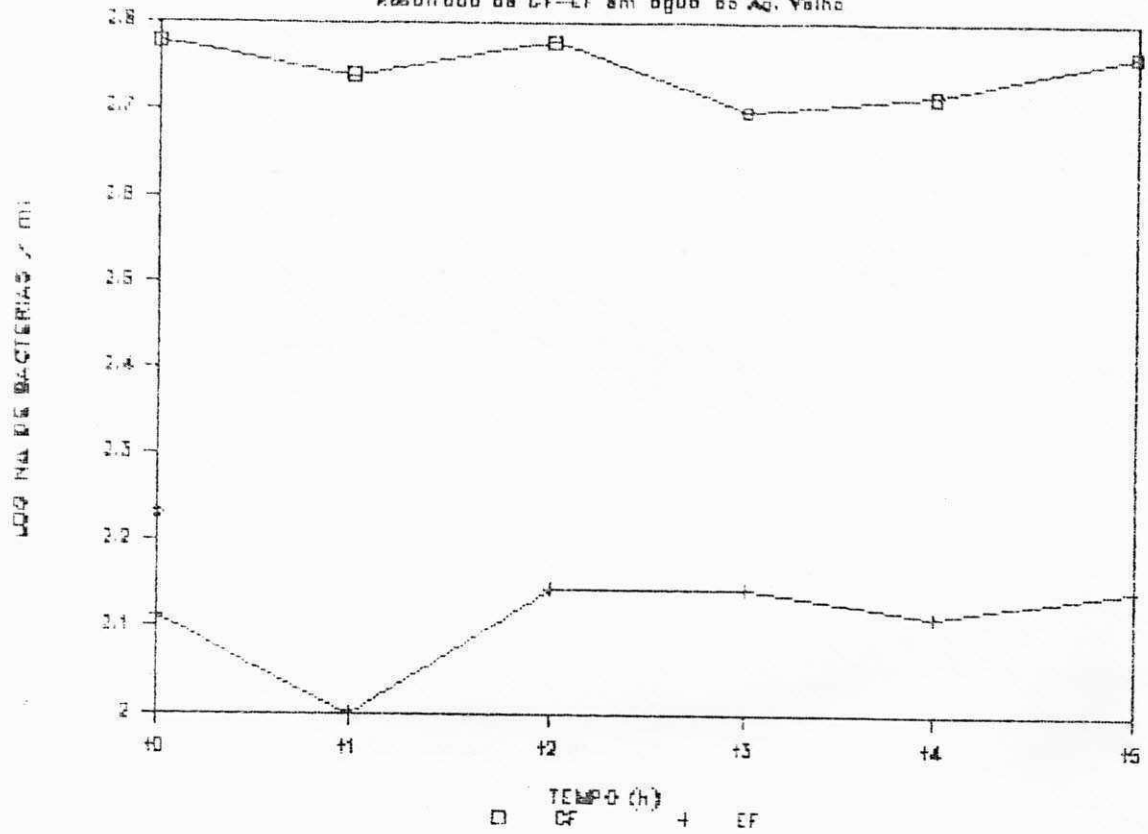
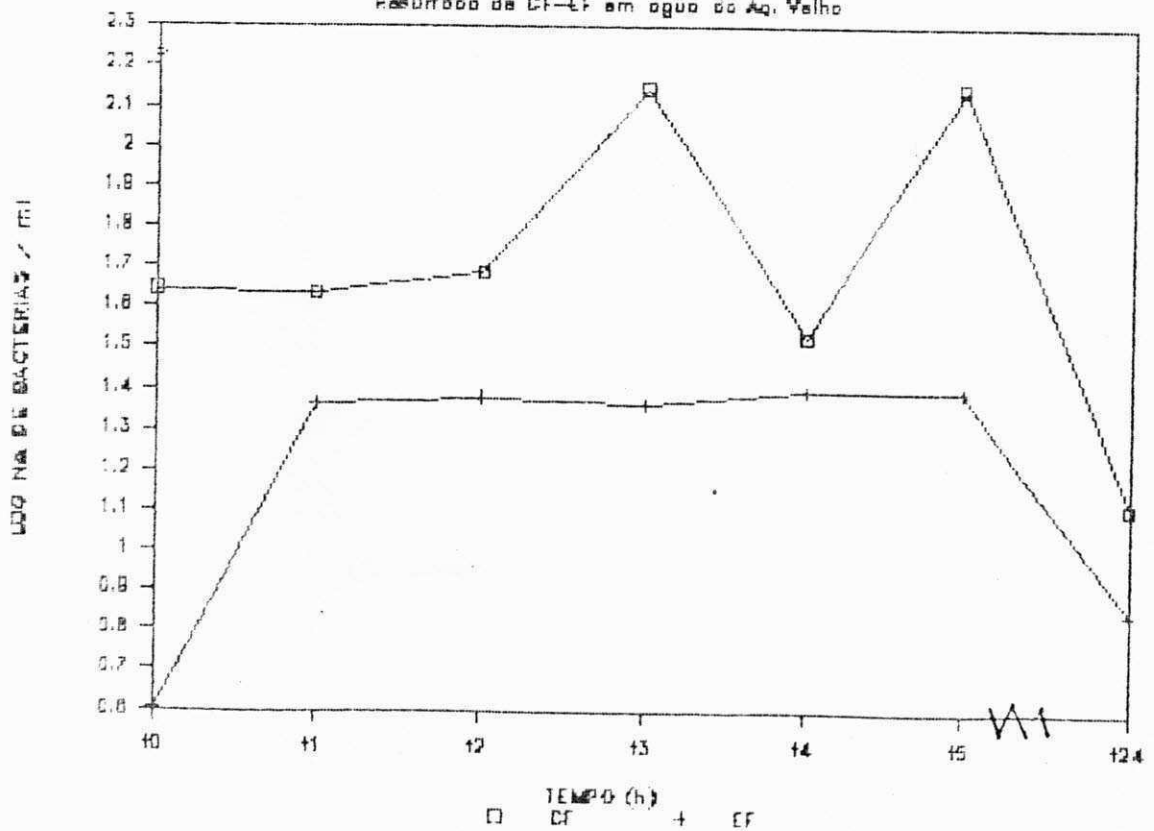


GRAFICO 2 — DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

Resultado da CF-EF em agua do Aq. Velho



Nº inicial de CF/ml = 600

Nº inicial de EF/ml = 130

Turbidez inicial/final - NTU = 3/2

pH inicial/final - UNIDADES = 8,1/7,7

CF - coliformes fecais

EF - estreptococos fecais

Nº inicial de CF/ml = 44

Nº inicial de EF/ml = 4

Turbidez inicial/final - NTU = 6/3

pH inicial/final - UNIDADES = 7,9/7,3

CF - coliformes fecais

EF - estreptococos fecais

TABELA 6 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DO AÇUDE VELHO SUBMETIDA A DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

TEMPO		CF REDUÇÃO			EF REDUÇÃO	
		Horario Acumulado			Horario Acumulado	
t1		-8.33%	-8.33%		-23.08%	-23.08%
t2		9.09%	0.00%		40.00%	7.69%
t3		-16.67%	-16.67%		0.00%	7.69%
t4		4.00%	-13.33%		-7.14%	0.00%
t5		11.54%	-3.33%		7.69%	7.69%

OBS.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais

TABELA 7 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DO AÇUDE VELHO SUBMETIDA A DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

TEMPO		CF REDUÇÃO			EF REDUÇÃO	
		Horario Acumulado			Horario Acumulado	
t1		-2.27%	-2.27%		475.00%	475.00%
t2		13.95%	11.36%		4.35%	500.00%
t3		185.71%	218.18%		-4.17%	475.00%
t4		-75.71%	-22.73%		8.70%	525.00%
t5		311.76%	218.18%		0.00%	525.00%
t24		-90.71%	-70.45%		-72.00%	75.00%

OBS.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais

GRAFICO 3 — DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

Resultado da CF-EF em água de Aq. Velha

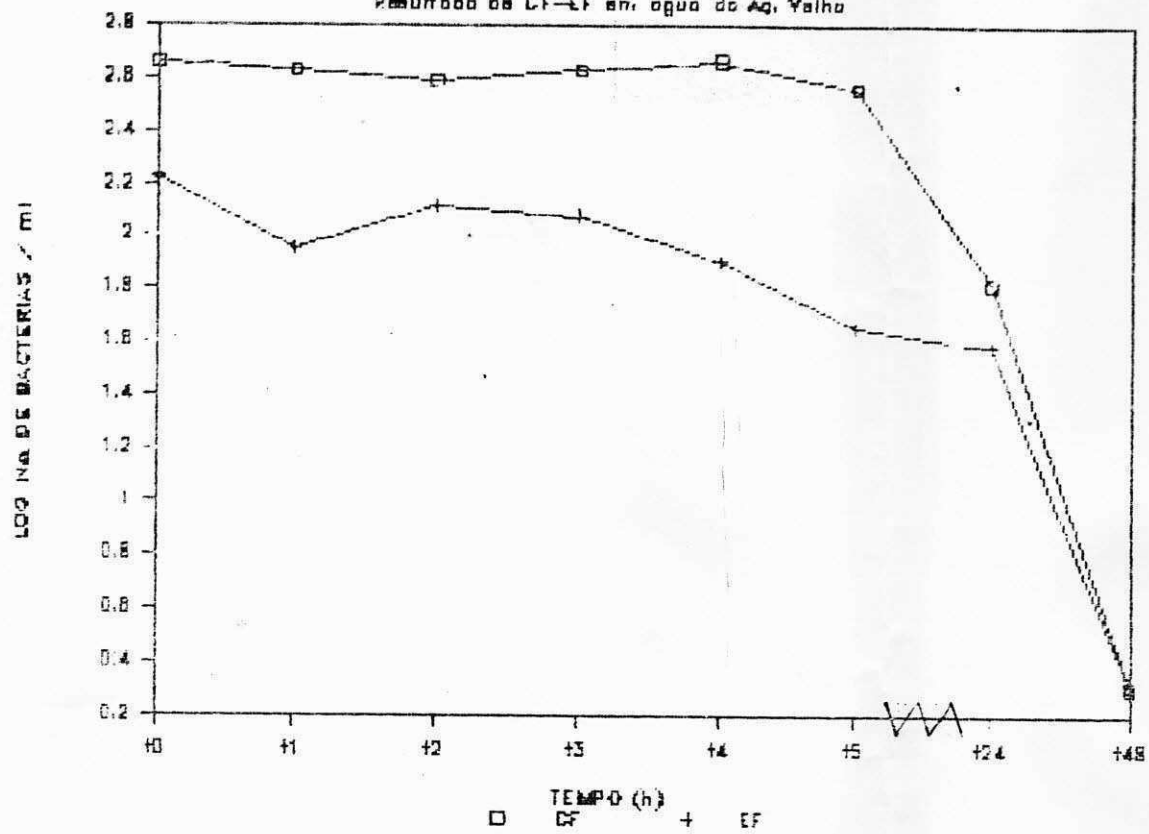
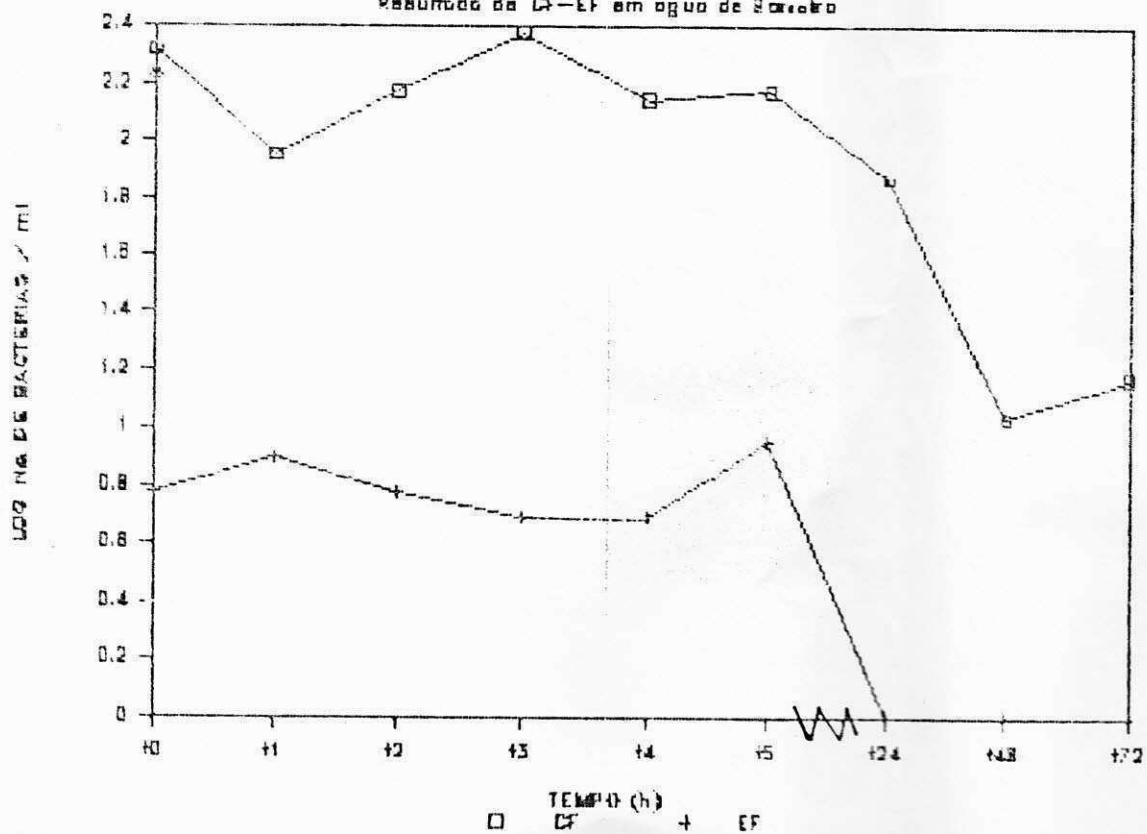


GRAFICO 4 — DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

Resultado da CF-EF em água de Barro



Nº inicial de CF/ml = 460

Nº inicial de EF/ml = 170

Turbidez inicial/final - NTU = 2/1

pH inicial/final - UNIDADES = 8,1/8,1

CF - coliformes fecais

EF - estreptococos fecais

Nº inicial de CF/ml = 210

Nº inicial de EF/ml = 6

Turbidez inicial/final - NTU = 410/400

pH inicial/final - UNIDADES = 7,5/7,8

CF - coliformes fecais

EF - estreptococos fecais

TABELA 8 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DO ACUDE VELHO SUBMETIDA A DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

TEMPO	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario Acumulado		Horario Acumulado	
t1	-6.52%	-6.52%	-47.06%	-47.06%
t2	-9.30%	-15.22%	44.44%	-23.53%
t3	8.97%	-7.61%	-7.69%	-29.41%
t4	9.41%	1.09%	-33.33%	-52.94%
t5	-21.51%	-20.65%	-43.75%	-73.53%
t24	-81.92%	-85.65%	-15.56%	-77.65%
t48	-96.97%	-99.57%	-94.74%	-98.82%

OBS.: O sinal negativo significa reduçao do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais

TABELA 9 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DE BARREIRO SUBMETIDA A DECANTAÇÃO EM QUARTINHA

TEMPO	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario Acumulado		Horario Acumulado	
t1	-57.14%	-57.14%	33.33%	33.33%
t2	66.67%	-28.57%	-25.00%	0.00%
t3	66.00%	14.29%	-16.67%	-16.67%
t4	-41.67%	-33.33%	0.00%	-16.67%
t5	7.14%	-28.57%	80.00%	50.00%
t24	-50.67%	-64.76%	-100.00%	-100.00%
t48	-85.14%	-94.76%	0.00%	-100.00%
t72	36.36%	-92.86%	0.00%	-100.00%

OBS.: O sinal negativo significa reduçao do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais

GRAFICO 5 - FILTRAÇÃO

Resultado da CF-EF em água do Aq. Velho

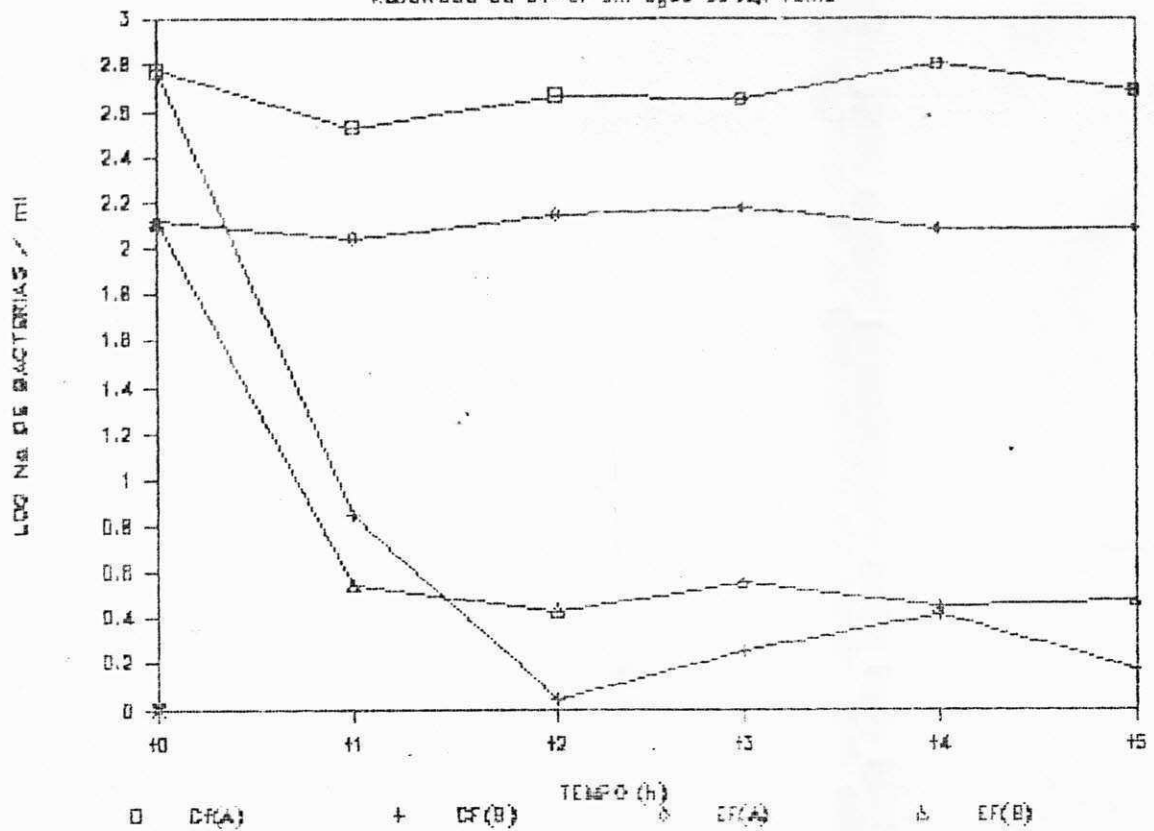
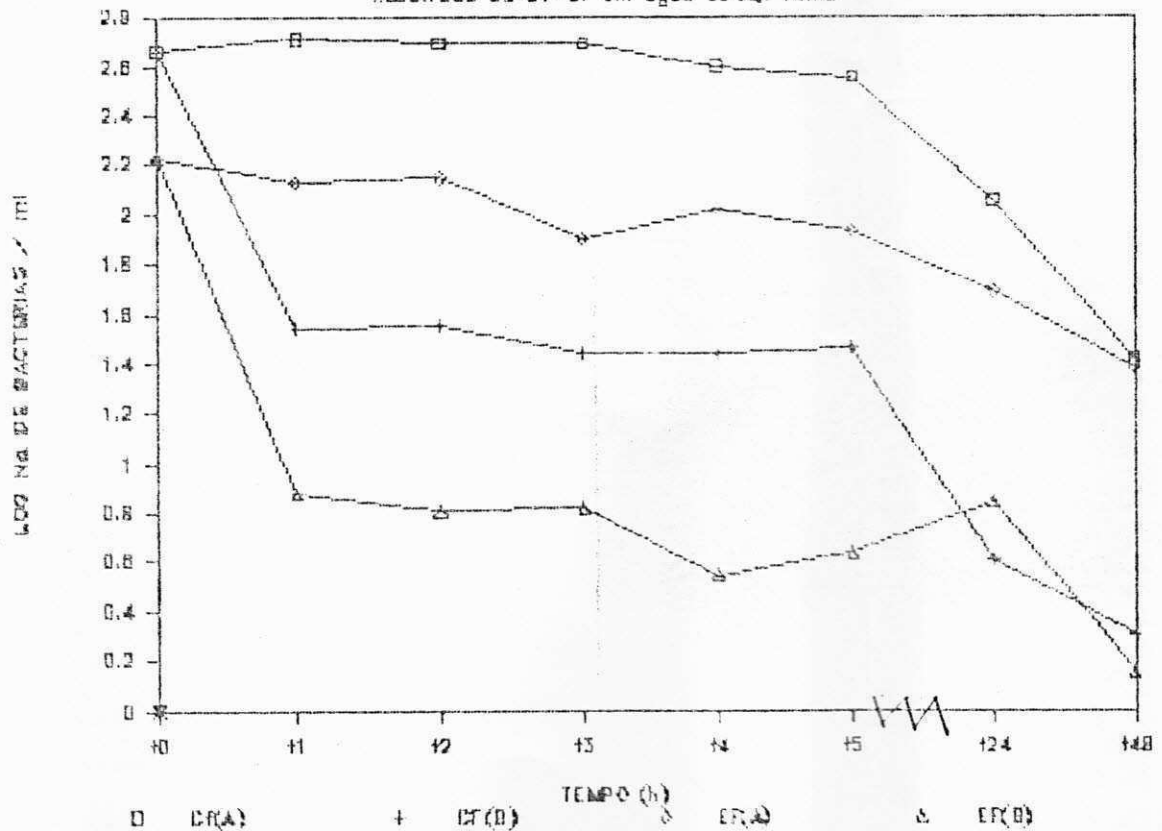


GRAFICO 6 - FILTRAÇÃO

Resultado da CF-EF em água do Aq. Velho



Nº inicial de CF/ml = 600
Nº inicial de EF/ml = 130
Turbidez inicial/final (A) - NTU = 3/2
Turbidez inicial/final (B) - NTU = 3/1
pH inicial/final (A) - UNIDADES = 8,1/7,8
pH inicial/final (B) - UNIDADES = 8,1/8,2
CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
A - água do recipiente superior do filtro
B - água do recipiente inferior do filtro

Nº inicial de CF/ml = 460
Nº inicial de EF/ml = 170
Turbidez inicial/final (A) - NTU = 2/1
Turbidez inicial/final (B) - NTU = 2/1
pH inicial/final (A) - UNIDADES = 8,1/8,1
pH inicial/final (B) - UNIDADES = 8,1/8,4
CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
A - água do recipiente superior do filtro
B - água do recipiente inferior do filtro

BELA 10 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DO ACUDE VELHO SUBMETIDA A FILTRAÇÃO

TEMPO	A - Parte superior do filtro				B - Agua filtrada			
	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO		CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario	Acumulado	Horario	Acumulado	Horario	Acumulado	Horario	Acumulado
t1	-43.33%	-43.33%	-15.38%	-15.38%	-98.83%	-98.83%	-97.31%	-97.31%
t2	38.24%	-21.67%	27.27%	7.69%	-84.29%	-99.82%	-22.86%	-97.92%
t3	-4.26%	-25.00%	7.14%	15.38%	63.64%	-99.70%	33.33%	-97.23%
t4	42.22%	6.67%	-20.00%	-7.69%	44.44%	-99.57%	-22.22%	-97.85%
t5	-23.44%	-18.33%	0.00%	-7.69%	-42.31%	-99.75%	7.14%	-97.69%

S.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais

BELA 11 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DO ACUDE VELHO SUBMETIDA A FILTRAÇÃO

TEMPO	A - Parte superior do filtro				B - Agua filtrada			
	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO		CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario	Acumulado	Horario	Acumulado	Horario	Acumulado	Horario	Acumulado
t1	11.96%	11.96%	-20.59%	-20.59%	-92.39%	-92.39%	-95.59%	-95.59%
t2	-3.88%	7.61%	3.70%	-17.65%	2.86%	-92.17%	-14.67%	-96.24%
t3	0.00%	7.61%	-42.86%	-52.94%	-22.22%	-93.91%	3.12%	-96.12%
t4	-19.19%	-13.04%	31.25%	-38.24%	0.00%	-93.91%	-46.97%	-97.94%
t5	-10.00%	-21.74%	-19.05%	-50.00%	3.57%	-93.70%	22.86%	-97.47%
t24	-68.89%	-75.65%	-42.35%	-71.18%	-86.21%	-99.13%	62.79%	-95.88%
t48	-76.79%	-94.35%	-51.02%	-85.88%	-50.00%	-99.57%	-80.00%	-99.18%

BS.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais

GRAFICO 7 - FILTRAÇÃO

Resultado da CF em Sol. Tampao Fosfato

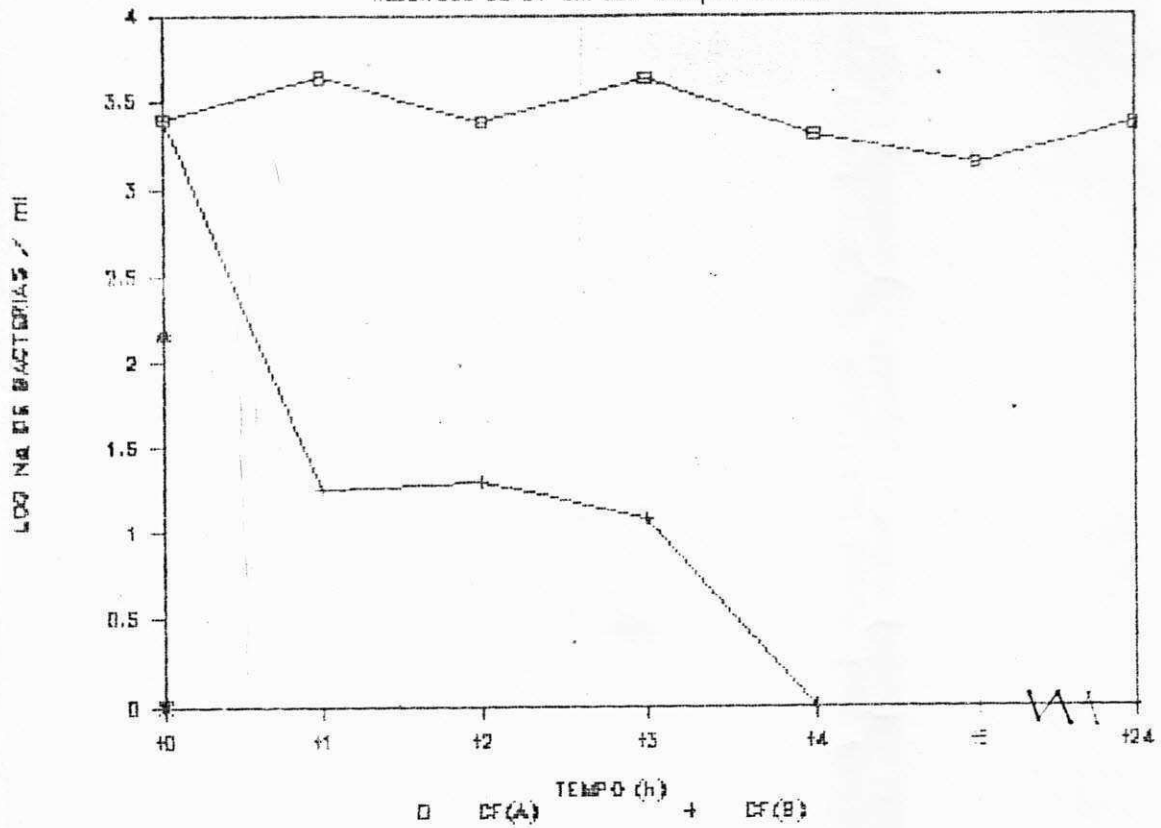
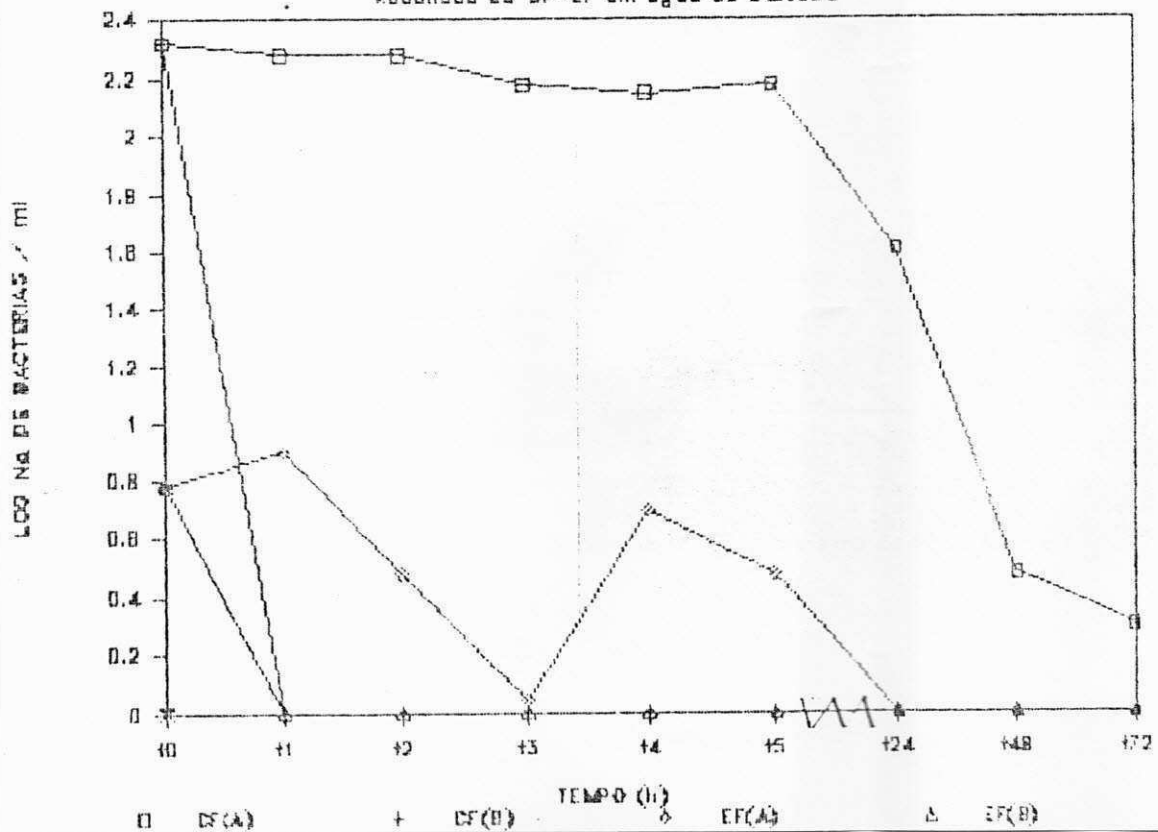


GRAFICO 8 - FILTRAÇÃO

Resultado da CF-EF em agua de Barreiro



Nº inicial de CF/ml = 2500
Turbidez inicial/final (A) - NTU = <1/<1
Turbidez inicial/final (B) - NTU = <1/<1
pH inicial/final (A) - UNIDADES = 7,3/7,4
pH inicial/final (B) - UNIDADES = 7,2/7,7
CF - coliformes fecais
A - água do recipiente superior do filtro
B - água do recipiente inferior do filtro

Nº inicial de CF/ml = 210
Nº inicial de EF/ml = 6
Turbidez inicial/final (A) - NTU = 410/420
Turbidez inicial/final (B) - NTU = 410/<1
pH inicial/final (A) - UNIDADES = 7,5/8,0
pH inicial/final (B) - UNIDADES = 7,5/7,8
CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
A - água do recipiente superior do filtro
B - água do recipiente inferior do filtro

BELA 12 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM SOLUÇÃO TAMPAO FOSFATO SUBMETIDA A FILTRAÇÃO

TEMPO	A - Parte superior do filtro				B - Agua filtrada			
	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO		CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado	
t1	76.00%	76.00%	nf	nf	-99.28%	-99.28%	nf	nf
t2	-45.45%	-4.00%	nf	nf	11.11%	-99.20%	nf	nf
t3	79.17%	72.00%	nf	nf	-40.00%	-99.52%	nf	nf
t4	-53.49%	-20.00%	nf	nf	-100.00%	-100.00%	nf	nf
t5	-32.50%	-46.00%	nf	nf	0.00%	-100.00%	nf	nf
t24	70.37%	-8.00%	nf	nf	0.00%	-100.00%	nf	nf

S.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais
 nf- Analise nao feita

BELA 13 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DE BARREIRO SUBMETIDA A FILTRAÇÃO

TEMPO	A - Parte superior do filtro				B - Agua filtrada			
	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO		CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado	
t1	-9.52%	-9.52%	33.33%	33.33%	-100.00%	-100.00%	-100.00%	-100.00%
t2	0.00%	-9.52%	-62.50%	-50.00%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%
t3	-21.05%	-28.57%	-63.33%	-81.67%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%
t4	-6.67%	-33.33%	354.55%	-16.67%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%
t5	7.14%	-28.57%	-40.00%	-50.00%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%
t24	-72.67%	-80.48%	-100.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%
t48	-92.68%	-98.57%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%
t72	-33.33%	-99.05%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%	0.00%	-100.00%

S.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias

GRAFICO 9 - AÇÃO DA LUZ SOLAR

Resultado DF-EF em Sol. Tampoa Fosfato

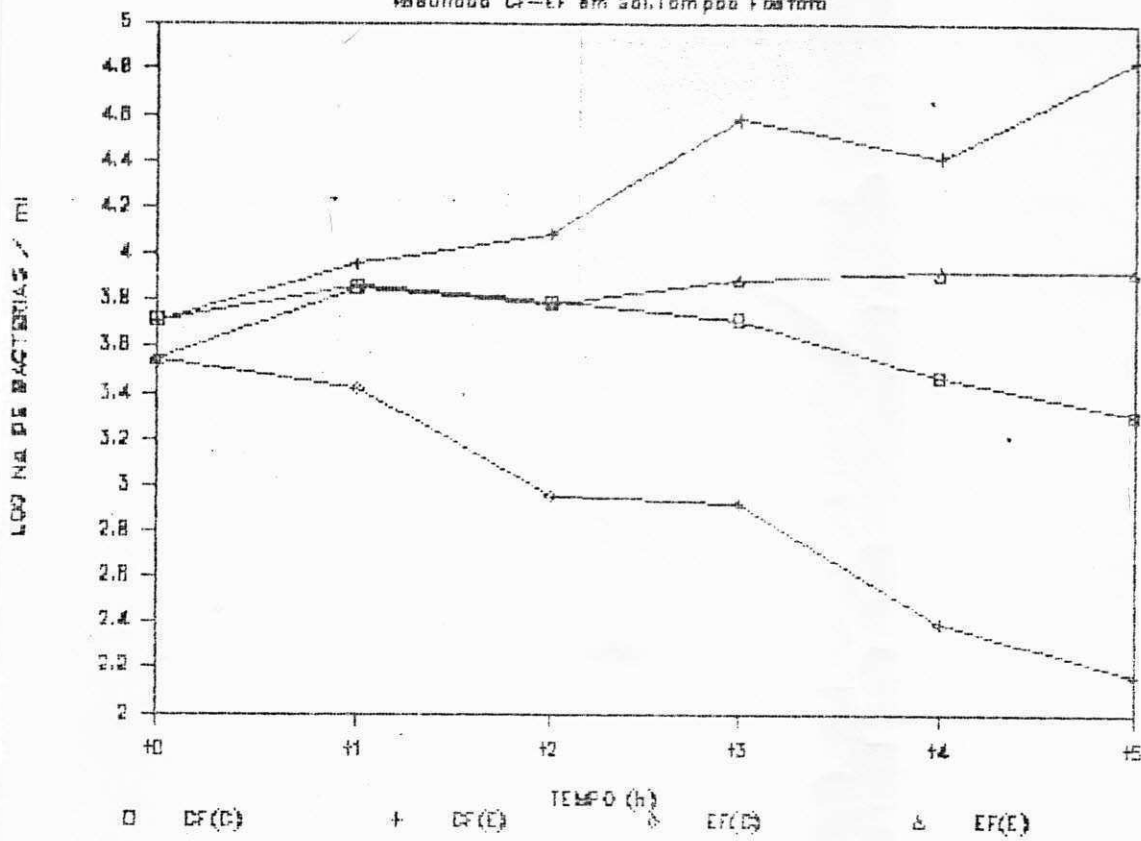
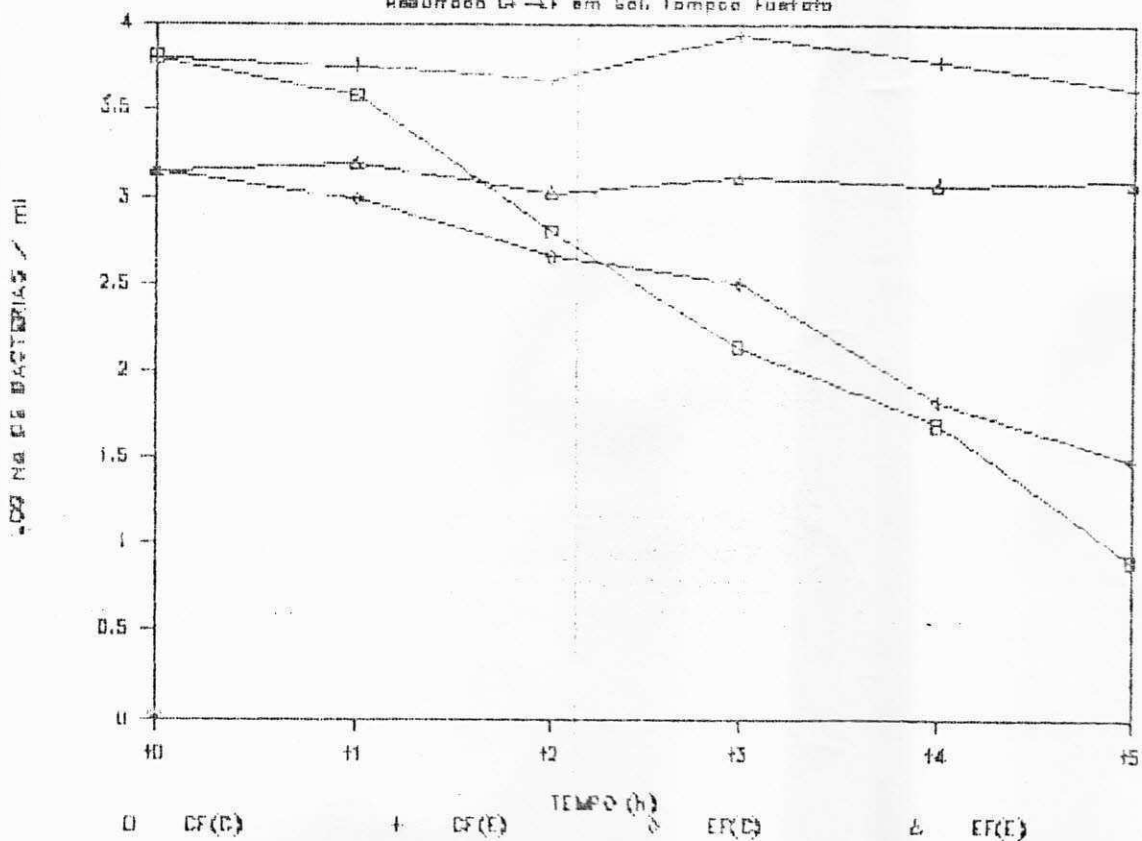


GRAFICO 10 - AÇÃO DA LUZ SOLAR

Resultado DF-EF em Sol. Tampoa Fosfato



Nº inicial de CF/ml = 5200
Nº inicial de EF/ml = 3500
Turbidez inicial/final - NTU = <1/<1
pH inicial/final - UNIDADES = 7,4/6,9

Temperatura horária

T1 = 33,5
T2 = 38
T3 = 39
T4 = 42
T5 = 41,5

CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
C (claro) - amostras expostas a luz solar
E (escuro) - amostras mantidas no laboratório

Nº inicial de CF/ml = 6430
Nº inicial de EF/ml = 1425
Turbidez inicial/final - NTU = <1/<1
pH inicial/final - UNIDADES = 7,5/7,8

Temperatura horária

T1 = 33
T2 = 37
T3 = 42
T4 = 44
T5 = 42,5

CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
C (claro) - amostras expostas a luz solar
E (escuro) - amostras mantidas no laboratório

TABELA 14 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM SOLUÇÃO TAMPAO FOSFATO SUBMETIDA A AÇÃO DA LUZ SOLAR

TEMPO	CLARO				ESCURO			
	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO		CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumul	
t1	38.46%	38.46%	-25.71%	-25.71%	75.00%	75.00%	102.86%	102.
t2	-13.89%	19.23%	-65.38%	-74.29%	31.87%	130.77%	-15.49%	71.
t3	-16.13%	0.00%	-8.89%	-76.57%	216.67%	630.77%	28.33%	120.
t4	-44.23%	-44.23%	-69.76%	-92.91%	-31.58%	400.00%	6.49%	134.
t5	-31.03%	-61.54%	-41.53%	-95.86%	169.23%	1246.15%	1.22%	137.

OBS.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais
 CLARO- Amostras exposta a luz solar
 ESCURO- Amostras mantidas no laboratorio

TABELA 15 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM SOLUÇÃO TAMPAO FOSFATO SUBMETIDA A AÇÃO DA LUZ SOLAR

TEMPO	CLARO				ESCURO			
	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO		CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulad	
t1	-39.35%	-39.35%	-31.23%	-31.23%	-9.80%	-9.80%	11.58%	11.58
t2	-83.33%	-89.89%	-53.06%	-67.72%	-18.97%	-26.91%	-32.08%	-24.21
t3	-78.46%	-97.82%	-30.43%	-77.54%	89.36%	38.41%	20.37%	-8.77%
t4	-64.29%	-99.22%	-78.75%	-95.23%	-31.46%	-5.13%	-7.69%	-15.79%
t5	-84.00%	-99.88%	-54.41%	-97.82%	-29.51%	-33.13%	4.17%	-12.28%

IS.: O sinal negativo significa redução do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais
 CLARO- Amostras exposta a luz solar
 ESCURO- Amostras mantidas no laborat-

GRAFICO 11 — AÇÃO DA LUZ SOLAR

Resultado da CF-EF em agua da Aq. Velha

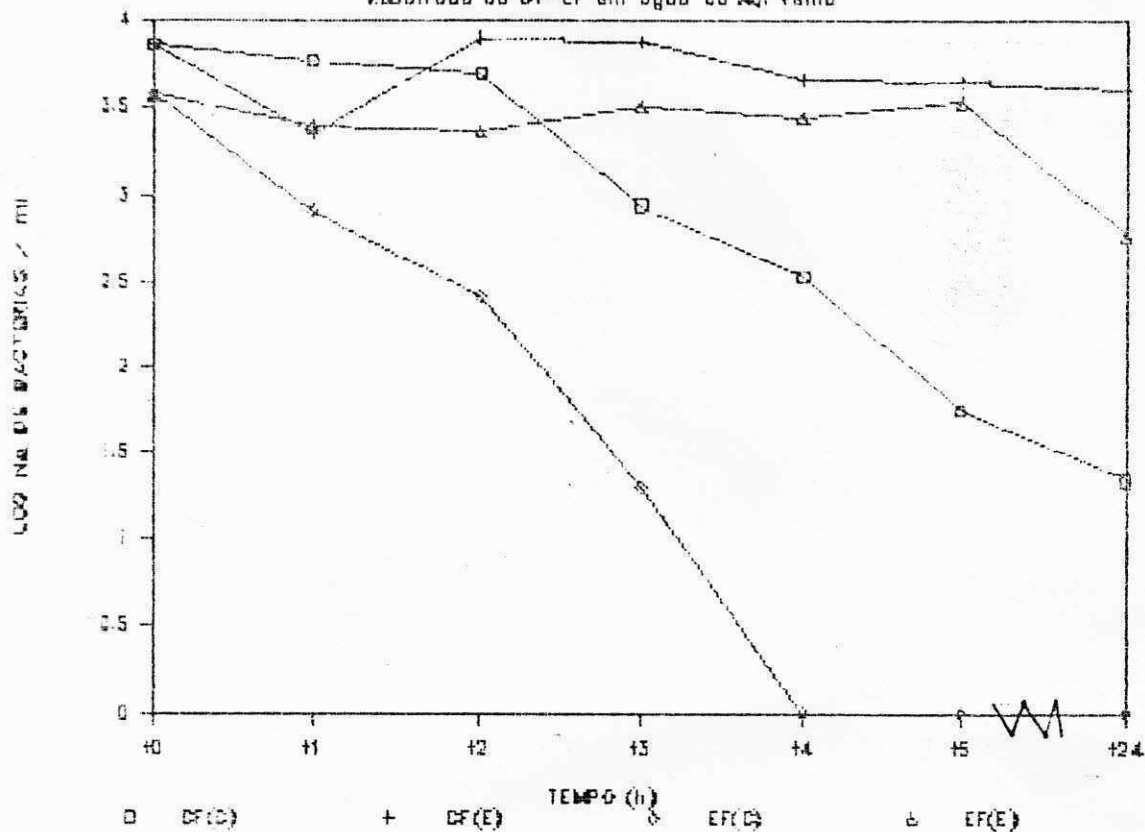
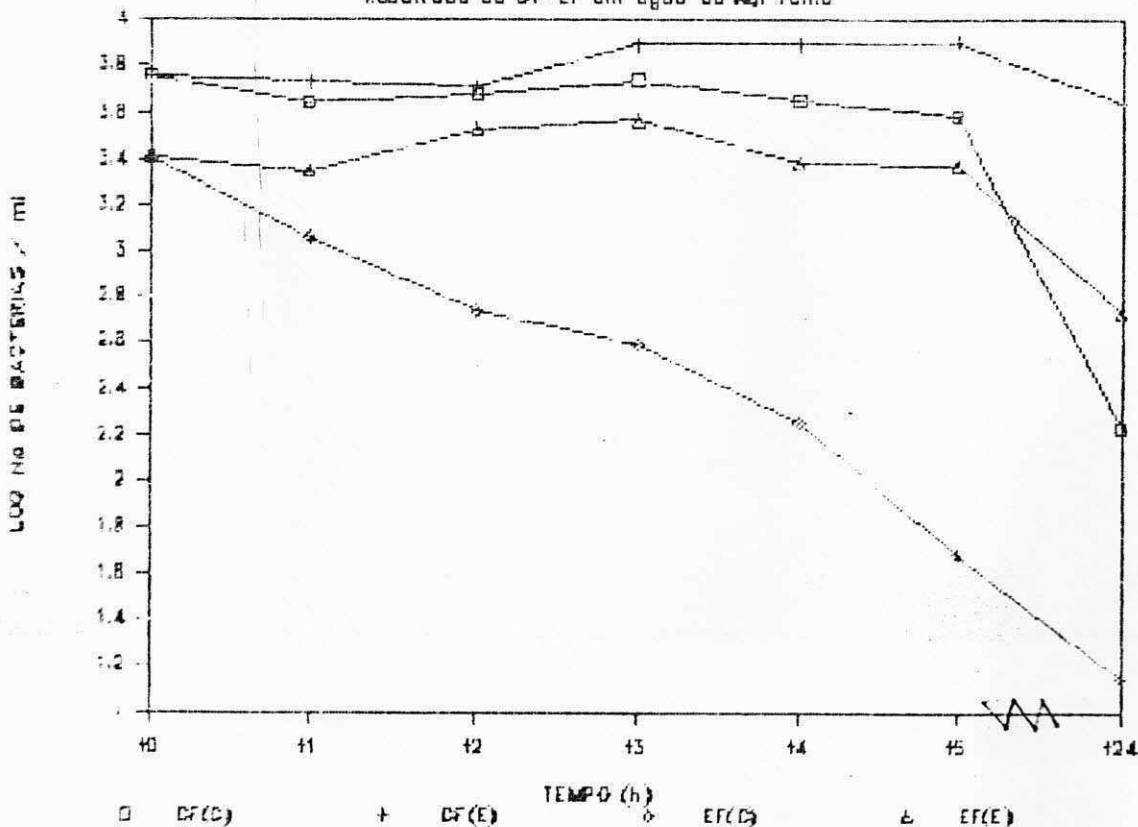


GRAFICO 12 — AÇÃO DA LUZ SOLAR

Resultado da CF-EF em agua da Aq. Velha



Nº inicial de CF/ml = 7364
Nº inicial de EF/ml = 3800
Turbidez inicial/final - NTU = 6/4
pH inicial/final - UNIDADES = 8,2/8,1

Temperatura horária

T1 = 35
T2 = 39
T3 = 42
T4 = 43
T5 = 41

CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
C (claro) - amostras expostas a luz solar
E (escuro) - amostras mantidas no laboratório

Nº inicial de CF/ml = 5700
Nº inicial de EF/ml = 2600
Turbidez inicial/final - NTU = 27/26
pH inicial/final - UNIDADES = 8,5/8,2

Temperatura horária

T1 = 28
T2 = 32
T3 = 36
T4 = 38
T5 = 40

CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
C (claro) - amostras expostas a luz solar
E (escuro) - amostras mantidas no laboratório

Nº inicial de CF/ml = 7364
Nº inicial de EF/ml = 3800
Turbidez inicial/final - NTU = 6/4
pH inicial/final - UNIDADES = 8,2/8,1

Temperatura horária

T1 = 35
T2 = 39
T3 = 42
T4 = 43
T5 = 41

CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
C (claro) - amostras expostas a luz solar
E (escuro) - amostras mantidas no laboratório

Nº inicial de CF/ml = 5700
Nº inicial de EF/ml = 2600
Turbidez inicial/final - NTU = 27/26
pH inicial/final - UNIDADES = 8,5/8,2

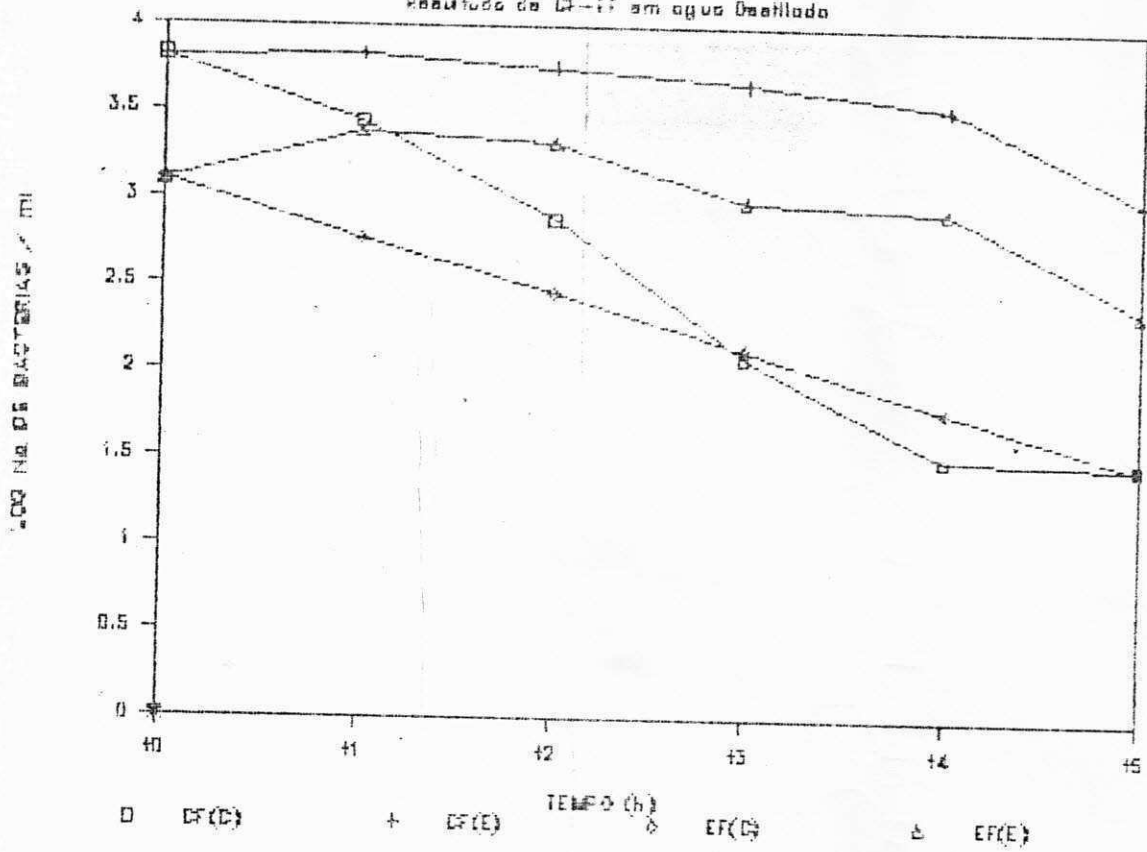
Temperatura horária

T1 = 28
T2 = 32
T3 = 36
T4 = 38
T5 = 40

CF - coliformes fecais
EF - estreptococos fecais
C (claro) - amostras expostas a luz solar
E (escuro) - amostras mantidas no laboratório

GRAFICO 13 — AÇÃO DA LUZ SOLAR

Resultado da CF-11 em água Destilada



Nº inicial de CF/ml = 6688

Nº inicial de EF/ml = 1250

Turbidez inicial/final - NTU = <1/<1

pH inicial/final - UNIDADES = 7,5/7,8

Temperatura horária

T1 = 33

T2 = 37

T3 = 42

T4 = 44

T5 = 42,5

CF - coliformes fecais

EF - estreptococos fecais

C (claro) - amostras expostas a luz solar

E (escuro) - amostras mantidas no laboratório

ABELA 18 - PERCENTAGEM DE REDUÇÃO-ACRESCIMO DE CF-EF EM AGUA DESTILADA SUBMETIDA A AÇÃO DA LUZ SOLAR

TEMPO	CLARO				ESCURO			
	CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO		CF REDUÇÃO		EF REDUÇÃO	
	Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado		Horario Acumulado	
t1	-58.13%	-58.13%	-53.60%	-53.60%	3.17%	3.17%	92.00%	92.00%
t2	-72.86%	-88.64%	-51.72%	-77.60%	-15.94%	-13.28%	-12.50%	68.00%
t3	-84.21%	-98.21%	-51.79%	-89.20%	-18.97%	-29.72%	-53.81%	-22.40%
t4	-73.33%	-99.52%	-54.81%	-95.12%	-25.53%	-47.67%	-11.34%	-31.20%
t5	-6.25%	-99.55%	-52.46%	-97.68%	-71.43%	-85.05%	-73.26%	-81.60%

).: O sinal negativo significa reduçao do numero de bacterias
 O sinal positivo significa aumento do numero de bacterias
 CF- coliformes fecais ; EF- estreptococos fecais
 CLARO- Amostras exposta a luz solar
 ESCURO- Amostras mantidas no laboratorio

5. DISCUSSÃO

Houve semelhança na remoção de bactérias nas amostras tratadas no filtro de cerâmica e as expostas a luz solar. Contudo, em solução tampão fosfato, a filtração apresentou-se ligeiramente mais eficiente que a ação da luz solar na remoção de coliformes fecais. Provavelmente isto foi devido ao menor número inicial dessas bactérias (no sistema submetido a ação da luz solar este número era 2 vezes superior que ao submetido à filtração). Com água de açude verificou-se um comportamento semelhante para coliformes fecais.

Aparentemente a turbidez é um fator altamente limitante da ação da luz solar, visto que, no experimento 12, onde a turbidez média era de 26,5 NTU, não foi atingida uma redução idêntica à anterior, no mesmo tempo de exposição ao sol.

Os estreptococos fecais mostraram-se mais suscetíveis que os coliformes fecais.

A quartinha de barro não tem eficiência na redução de bactérias, nem na remoção da turbidez, nas 5 primeiras horas. Ela serve apenas para esfriar a água, a qual é um atrativo para seu uso. É preciso deixar a água a ser consumida por um longo tempo (no mínimo 48 horas), para que haja redução bacteriana. Além disso, não apresenta resultados seguros quanto ao número de bactérias remanescentes. Por isso, a quartinha não é um método eficiente de eliminação de bactérias. Por outro lado, não tem mostrado redução significativa da turbidez.

As amostras de água mantidas em quartinha de barro, como foi dito acima, não apresentaram decaimento significativo da população bacteriana nas 5 primeiras horas. Comportamento semelhante foi observado nas amostras de água na parte superior do filtro de cerâmica, como também nas amostras de água dos frascos preservados no laboratório. Nestes 3 sistemas a redução bacteriana foi mais acentuada após 24 horas.

Os resultados do conjunto dos experimentos realizados mostram que as bactérias indicadoras (coliformes fecais e estreptococos fecais) são suscetíveis de destruição pela ação da luz solar, a qual apresentou eficiência igual ou ligeiramente superior ao filtro de cerâmica.

O tempo de exposição ao sol é importante. Para região nordeste, no período outubro/fevereiro, aparentemente é adequado um período de 5 horas de exposição, para garrafas transparentes com volume de aproximadamente 1 litro. Ainda, se essas garrafas são conservadas por mais 24 horas (na es-

curidão), as poucas bactérias remanescentes podem ser totalmente eliminadas.

A morte das bactérias submetidas a ação da luz solar depende de um conjunto de fatores, entre os quais a transparência do recipiente e a baixa turbidez da água são essenciais. Este método apresenta-se como uma opção simples e de custo mínimo para o pessoal da zona rural, que normalmente bebem água de açudes e barreiros.

6. CONCLUSÕES

Com os resultados dos três métodos de desinfecção analisados, foi possível tirar as seguintes conclusões:

- A luz solar tem ação bactericida;
- A luz solar é mais eficiente em água de baixa turbidez;
- O tempo de exposição ao sol é importante (o maior tempo de exposição, corresponde a uma maior desinfecção);
- O filtro de cerâmica tem eficiência na redução bacteriana pelo menos igual ao da luz solar;
- Ao contrário da ação da luz solar, a eliminação de bactérias por filtração parece ser favorecida pela alta turbidez da água. Provavelmente as partículas de turbidez se agregam na parede das velas, dificultando, a passagem das bactérias;
- A quartinha de barro não é adequada para eliminação de bactérias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1 - Acra, A.; Raffaul, Z.; Karahagopian, Y.; Solar Disinfection of Drinking Water and Rehydration Solutions. Guidelines for Household Applications in Developing Countries. Dep. of Environm Health. Fac. of Health Sciences. American University of Beirut; UNICEF, Libano, 1984.
- 2 - A.P.H.A.; A.W.W.A; W.P.C.F. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 16th Ed. A.P.H.A.; 1985; 1268P.
- 3 - Araújo, S. M. & Konig, A.; A degradação do meio ambiente: Área de Eng. Sanitária e Ambiental -DEC - CCT - UFPB. Campina Grande-PB; 1986; Broch, 85p.
- 4 - Branco, S. M. Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária.;. 2º Ed.; CETESB. São Paulo-SP, 1978; 680p.
- 5 - Ceballos, B. S. O.; Microbiologia Aplicada à Engenharia Sanitária - Área de Eng. Sanitária e Ambiental- DEC-CCT- UFPB. Campina Grande-PB; 1986. 198p.
- 6 - Christovão, D. A. Bacteriologia da Água: Seu exame e controle bacteriológico. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Saúde Pública.USP, 1982. 103p.
- 7 - Costa, L. J. P. Análise Bacteriológica da água. 1º Ed.; Editora Universitária/UFPB; João Pessoa; 1979; 464p.
- 8 - Monteiro, V. F. & Vieira, F. F. Manual de Métodos de Análise d'água. Campina Grande; DNOCS-Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. 1986. 59p.
- 9 - Sawyer C. N. and McCarty P. L. Chemistry for Environmental Engineering. McGraw-Hill, 1978; 532p.
- 10 - Sewell, G. H. Administração e Controle da qualidade Ambiental. 1º Ed., São Paulo; EDUSP/CETESB ; 1978. 295p.
- 11 - Stanier, R. Y.; Douderof, M. & Adelberg, E. A. O Mundo dos Micróbios. 2º Ed.; Editora Edgard Blucher Ltda, 1976; 741p.

- 12 - Trabulsi, L. R. Microbiologia. 2ª Ed.; Editora Livraria Atheneu, São Paulo/Rio de Janeiro 1989, 386p.
- 13 - Vogel, A. I. Química Analítica Qualitativa. 5ª Ed.; São Paulo; Editora Mestre Jou; 1981, 665p.