

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

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**"Características Físico-Químicas do Líquido
Percolado Através de Colunas de Laterita"**

ALUNO:

Adriano Frutuoso da Silva

ORIENTADORA:

Annemarie König

Campina Grande, Novembro de 2000.



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

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

ALUNO:

Adriano Frutuoso da Silva

Adriano Frutuoso da Silva

ORIENTADORA:

Annemarie König

Annemarie König

Campina Grande, Novembro de 2000.

Índice

1.0. Introdução.....	01
2.0. Objetivos.....	02
3.0. Revisão Bibliográfica.....	03
3.1. Introdução.....	03
3.2. Laterita.....	03
4.0. Materiais e Métodos.....	11
4.1. Materiais.....	11
4.2. Descrição do experimento.....	14
4.3. Procedimento de Coleta das amostras.....	18
4.4. Parâmetros analisados.....	18
5.0. Análise Estatísticas.....	21
6.0. Resultados e discussões	22
7.0. Conclusões.....	26
8.0. Referências Bibliográfica.....	27
ANEXO I	
ANEXO II	

1.0- INTRODUÇÃO

A utilização de material inerte, como laterita, brita e areia, para o preenchimento de colunas de solos visa a dar suporte para que este não seja erodido quando da aplicação de água poluída. O solo tem sido largamente 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 (laterita), 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.

2.0- OBJETIVOS

2.1-Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo investigar que modificações ocorrem nas características físico-químicas quando a água superficial poluída percola através de colunas plásticas que contendo laterita.

2.2-Objetivos Específicos

- Avaliar as características físico-químicas da água destilada e poluída quando da sua percolação por colunas plásticas contendo laterita;
- Verificar a influência do tempo de percolação nas características físico-químicas do líquido percolado.

3.0-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1-INTRODUÇÃO

Nesta revisão será dada uma ênfase aos tópicos pertinente aos objetivos do trabalho. Para maior clareza serão abordados os seguintes tópicos:

- Origem do termo laterita;
- Definição / Classificação da Laterita;
- Formas de ocorrência;
- Característica da Laterita;
- Aplicação da Laterita na Engenharia .

3.2-LATERITA

3.2.1- Origem do termo Laterita

Shellman,(1981) o termo laterita apareceu pela primeira vez na literatura em 1807 sendo atribuído por Francis Buchanan (1807), para designar um material de construção (solo) altamente intemperizado típico das regiões montanhosas de Malabar, ao sul da Índia. Tratava-se de um material ferruginoso que, quando fresco, podia ser cortado facilmente mas, quando exposto ao ar, endurecia rapidamente,adquirindo alta resistência aos processos de alteração. Devido a essa propriedade era utilizado fazendo as vezes de tijolos, de cuja palavra latina “Later” deriva o termo. Depois de Buchanan, a laterita foi descrita por inúmeros cientistas, sob diversos aspectos (dureza, características químicas, mineralógicas, morfológicas e pedológicas).

3.2.2- Definição

Segundo Alexander e Cady (1962), laterita é definida como um “material altamente intemperizado rico em óxido de ferro, alumínio ou ambos e praticamente não possuidora de bases e silicatos primários mas podendo possuir uma quantidade apreciável de quartzo e caulinita. É

endurecida ou capaz de endurecer quando exposta a molhagem e secagem”.

A mais recente definição de laterita, segundo uma tendência tipo Alexander e Cady (1962), foi proposta por Schellmann (1981), segundo o qual laterita são definidas como “produtos de intenso intemperismo sub-aéreo nas rochas onde o teor de Fe e/ou Al é mais alto e o de Si mais baixo do que em rocha mãe simplesmente caulinizada e, consistem predominantemente de um arranjo de geotita , hematita , hidróxidos de alumínio, calinita (ou argilo-mineral do mesmo grupo) e quartzo”.

Segundo Monkhouse (1961), laterita – camada porosa de material avermelhado, formada pela decomposição química da rocha sob a ação do intemperismo, particularmente do tipo ígneo e, principalmente sob condições úmidas dos trópicos. O material sofre intensa lixiviação da sílica e de álcalis, deixando uma concentração de sesquióxido de alumínio de laterita, usualmente sem valor algum para a agricultura por causa de sua porosidade e pobreza em minerais.

Segundo Lopes(1987), a Academia Nacional de Ciências dos E.U.A, define: laterita – material encontrado em alguns latossos, que já endurecidos ou endurecerão, irreversivelmente, depois de secar. Podendo ocorrer em camadas ou concreções.

Para os pesquisadores de lateritas da UFPB, solos lateríticos são materiais altamente intemperizados ricos em óxidos de ferro ou alumínio onde praticamente não existem bases e silicatos primários, mas podem possuir quantidades apreciáveis de quartzo e são concrecionários ou capazes endurecer quando submetidos a ciclos de molhagem e secagem.

3.2.3- Classificação dos solos lateríticos

Segundo Gidigasu (1971), o maior problema enfrentado no estudo dos solos lateríticos, tem sido a dificuldade de classificação aceitável universalmente por todos os técnicos e cientistas ligados aos estudos dos solos e rochas.

As dificuldades em aceitar uma classificação única de solos lateríticos tem se refletido nos estudos de engenharia. Vários critérios, baseados nas mais diferentes propriedades, têm sido sugeridos, variando com a especialidade do técnico que a propõe e com o uso finalidade a que se destina o solo.

A primeira tentativa de classificar as lateritas surgiu com Fermor (1911), quando na fase de constituição do material, adicionou os óxidos de titânio e manganês aos óxidos de ferro e alumínio e sugeriu as seguintes designações: laterita verdadeira, laterita "lithormagic", laterita lago, laterita quartzosa, laterítico e lateritóide.

Baseado na composição química, Lacroix (1913) classificou-as como segue:

- 90 % de sesquióxidos = laterita verdadeira
- 50 – 90 % de sesquióxidos = laterita silicosas
- 10 – 50 % de sesquióxidos = argila lateríticos

Segundo Lopes (1987), os primeiros sistemas de classificação utilizando os processos pedogenéticos surgiram 1949 com Kellog. Em 1958, Maignien, apresentou os critérios que considerou necessários a uma classificação completa de: gênese e morfologia dos perfis que nos estudos classificatórios apresentam íntima entre si.

Inúmeros sistemas de classificação surgiram desde que os cientistas se interessaram pelo assunto e dentre todos temos os sistemas baseados nas características morfológicas e condições de drenagem.

Para Correia (1967) e Correia *et.al.*(1969) baseado no teor de sílica, alumina e ferro da fração menor do que 2 (dois) micros classificam laterita como fersialítica e ferralítica.

Novais Ferreira (1963) usando a relação molecular sílica sesquióxidos classifica laterita como: laterita, solo laterítico, terreno laterítico e pedregulho laterítico.

Pelo seu caráter geral pode ser citado também o sistema de classificação FAO-UNESCO (1961), qual é o resultado do projeto conjunto daquelas duas organizações, das Nações Unidas, para preparar o mapa mundial de solos iniciado em 1961. O referido sistema de

classificação é o resultado de numerosos encontros de cientistas dos solos de vários países, representando os mais diversos modelos de classificação e surgiu como um acordo entre os vários modelos.

A laterita é um material que não possui sistema de classificação único e sim vários. Isto se deve ao fato de que os pesquisadores dos diversos ramos da ciência classificaram a laterita de acordo com as suas tendências sem se preocuparem em atingir um consenso com relação a este material.

3.2.4- Origem e formação no Brasil

A formação geológica, que deu origem ao solo laterítico, é uma capa sedimentar típica do Período Terciário Superior, que se estende ao longo da costa Atlântica, desde Belém do Pará até a cidade de Vitória no Espírito Santo. Trata-se da formação Barreiras, uma faixa contínua de largura variável que repousa ora sobre o cristalino, ora sobre outra formação mais antigas. Esta formação desaparece à proporção que avança para o interior do continente, onde atinge altitudes de pouco mais de 100m. Na orla marítima ela se encontra praticamente ao nível do mar, apresentando um ligeiro mergulho para o oceano.

Esta forma é constituída de areia caulinizadas, camadas argilosas e intercalações de lentes e espessos pacotes de seixos de quartzo. Apresenta em certas regiões grandes blocos de quartzito formados ao que parece por intensa silificação ocorrida em períodos posteriores, por efeito de intemperismo. A formação Barreira tem cores claras e até branca, apresentando ocasionalmente em certos postos, cores avermelhadas, devidas à presença de óxido de ferro.

Gidigasu (1971), descreve o processo de formação dos solos lateríticos ou laterização, como a fase do intemperismo tropical que começa quando os minerais mais instável da rocha de origem, já foram atacados pela água impregnada de produtos corrosivos. Assim, a laterização envolve lixiviação dos materiais intemperizados, em solução, principalmente sílica e bases, deixando resíduos relativamente rico em óxido de alumínio, ferro e titânio (constituintes lateríticos). Algumas

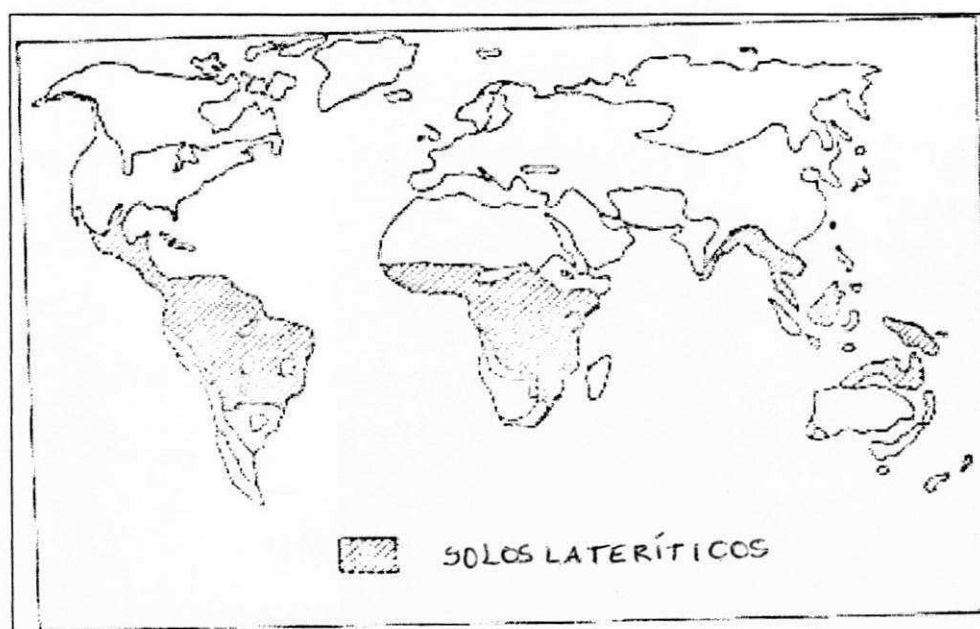
vezes estas soluções de constituintes lateríticos migram, sendo importantes boas condições de drenagem na formação destes solos.

Este solo é um material encontrado em abundância nas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Nestas regiões, as condições climáticas de elevada temperatura e umidade e, alternâncias de estações secas e chuvosas, favorecem consideravelmente a ação do intemperismo, e por conseguinte a formação do solo laterítico.

A distribuição das lateritas na superfície do globo terrestre mostra íntima relação com as condições climáticas atuais, tendo sido estudada a sua ocorrência, em especial, nas regiões intertropicais, da África, Austrália, Índia, Sudoeste da Ásia, América Central e América do Sul. Ainda nesses continentes e em outras regiões mais frias, como Rússia por exemplo, são encontrados Lateritas fósseis que datam do Devoniano e carbonífero, tendo se formado em condições tropicais pretéritas (Figura 3.1).

O Brasil por ser um país tropical, apresenta grandes áreas cobertas por solos resultantes da atuação do processo do intemperismo, particularmente nas regiões Norte e Nordeste.

Figura 3.1- Distribuição dos solos lateríticos no globo terrestre



Fonte: Lopes (1987)

3.2.5-Características da Laterita

A laterita é definida e classificada de varias maneiras segundo vários aspectos como dito. Todavia , quanto as suas características não seria diferente. Aqui estas serão abordadas de forma genérica no tocante a composição química, física e mineralógica.

3.2.5.1-Composição mineralógica

Segundo a literatura consultada a composição mineralógica é considerada a mais importante informação para a explicação de diversas propriedades dos solos lateriticos.

Mignien (1966) dividiu os constituintes mineralógicos em elementos principais, os quais são essenciais à laterização e elementos secundários, os quais não afetam o processo de laterização.

Os constituintes principais são óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, com minerais argilosos e numa menor extensão, manganês, titânio e silício. Os constituintes secundários, são remanescentes residuais ou materiais clásticos.

Os mais comuns minerais de ferro presentes nestes solos apresentam-se como goetita ou limonita e hematita. Alumina é comum como gibsitita. Boemita e formas amorfas são também razoavelmente comuns. Minerais de titânio incluem usualmente rutilo, antásio e ilmenita. O mineral argiloso mais freqüente observado nos solos lateriticos é caulinita, raramente aparecendo mica e ilita.

3.2.5.2-Composição química

Os compostos químicos que se apresentam em maiores quantidades nos solos lateriticos, segundo IPR (1982), Lucena (1976), Queiroz de Carvalho (1984), Santos (1980), são os óxidos de silício, que variam

entre 24,53% e 30,62%, alumínio, variando entre 22,64% e 42,64% e o teor de água em torno de 12%. O restante dos compostos químicos sem grandes evidências são CaO, MgO, P₂O₅, Na₂O, Cr₂O₃ e pequena percentagem de matéria orgânica menor que 0,5%. Segundo Alwis (1976) e Queiroz de Carvalho (1979) o pH destes solos encontra-se variando de 4,6 a 6,6.

3.2.5.3-Composição física

As propriedades físicas mais importantes dos solos lateríticos são: massa específica real, massa específica aparente, percentagem de vazios, absorção e teor de argila em torrões. Segundo dados disponíveis na literatura e.g., Borges (1976) e Souto (1980) encontraram para massa específica real valores que variam entre 2,5 g/cm³ a 2,7 g/cm³. A massa específica aparente apresenta valores que variam entre 1,45 g/cm³ a 2,52 g/cm³. A percentagem de vazios varia entre 40% a 46% e os valores da absorção estão em torno de 3% a 7%.

3.2.6- Condições naturais de ocorrência

3.2.6.1- Posição no Perfil

Os solos lateríticos ocupam a parte mais superficial, como os demais solos de origem pedológica.

3.2.6.2-Espessura

Os solos lateríticos constituem camadas que acompanha aproximadamente a superfície do terreno. Essas camadas podem ser compostas por outras, pouco diferenciadas, que também acompanham aproximadamente a superfície do terreno. Essas camadas são designadas sobretudo pela atuação de processos pedológicos. Os limites dessa camada são geralmente graduais.

3.2.6.3-Condições hidrológicas

As condições de drenagem dos solos Lateríticos são muito boas, de maneira que só excepcionalmente, tais solos podem conter temporariamente nível d'água suspenso, após chuvas muito intensa.

3.2.6.4- Macroestrutura

Os solos lateríticos apresentam-se como que aparentemente homogênea e isotrópica, sendo que as variedades argilosas exibem aglomeração, formando torrões razoavelmente resistentes, mesmo quando imersos n'água. Nas variedades arenosas percebem-se freqüentemente vazios intergranulares. Devido a essas peculiaridades os solos lateríticos tem sido considerado "porosos" pela sua aparência macroscópica.

3.2.6.5- Microestrutura

Segundo Lucena e Costa (1988), utilizando o método de peneiramento, tem-se que o material com diâmetro maior que 3/8" foi denominado de "concreção laterítica" e com diâmetro inferior a 3/8" de "solo laterítico". As frações "solo" e "concreção", foram por sua vez, dividida em sub-frações.

3.2.7-Aplicação da Laterita na Engenharia

Durante algum tempo estes solos foram considerados no meio técnico brasileiro como inadequado à construção, em particular à construção rodoviária. Entretanto, pela sua abundância em grandes áreas do país e pelo excelente comportamento já demonstrado em obras experimentais, eles hoje tem sido usado em obras rodoviárias como bases e sub-bases de pavimentos rodoviários e em obras de barragens de terra.

Pompeu (1976), em seu estudo as propriedades de resistência mecânica do concreto laterítico, utilizou para agregado graúdo concreções lateríticas da jazida Sapé-Mari/PB, substituindo a brita granítica. O concreto obtido, apresentou comportamento semelhante ao concreto convencional.

Madu (1980) estudou o comportamento de agregados lateríticos como agregados para concreto e estrada, utilizando sete diferentes tipos de concreções lateríticas de várias regiões da Nigéria. As conclusões obtidas revelam que os agregados lateríticos são bons materiais para serem usados em estradas e como agregado para concreto.

Segundo Chagas Filho (1986), a laterita (concreção) pode ser usada em substituição às britas graníticas, em vigas de concreto armado isostáticas submetido a flexão simples.

Todavia, muitos estudos têm sido realizados no tocante ao uso da laterita na construção civil, mas o seu uso ainda encontra-se limitado, devido à falta de estudos específicos.

4.0- Materiais e Métodos

4.1-Materiais

Os materiais utilizados neste trabalho foram laterita (concreção), garrafa “PET” (2 litros), frasco de vidro (700ml), água destilada e água superficial poluída.

4.1.1-Laterita

O material laterítico utilizado no presente trabalho, também chamado de concreção, devido à granulometria, 19 mm, era oriundo da jazida Sapé-Mari/PB e coletado de uma porção encontrada no Laboratório de Estrutura do departamento de Engenharia Civil da UFPB/Campus II.

4.1.1.1-Jazida Sapé-Mari

- Localização: a jazida está localizada na margem direita da Rodovia PB-055, a 6 Km da cidade de Mari, no sentido Sapé para Mari.

- Descrição Geológica: a jazida está inserida na formação Barreiras. Esta formação é constituída de sedimentos poucos consolidados, de estratificação predominante horizontal, afossilífera, apresentando sedimentos areno-argilosos, com camadas de seixos rolados e concreções Leteríticas. Esta formação data do período terciário.

- Pedologia: PV6 (Podzólico Vermelho Amarelo com a proeminente textura argilosa).

- Clima: quente de seca atenuada com índice xerotérmico variando de 40 a 100, apresentando de 3 a 4 meses secos.

- Precipitação: media anual de 1100 mm.

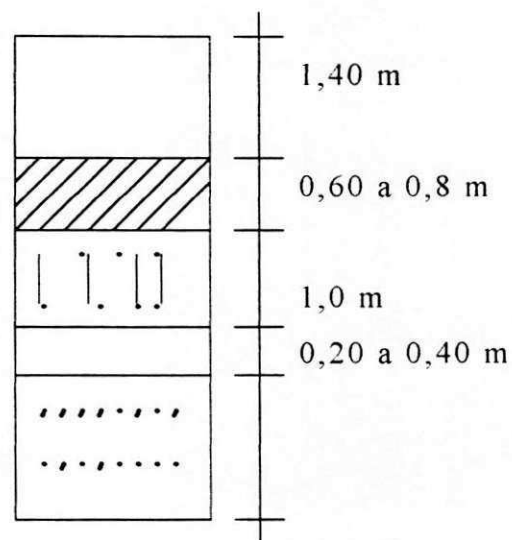


Fig.4.1- Perfil esquemático da Jazida Sapé-Mari (Chagas Filho, 1986).

- Solo muito fino (podsol), profundidade até 1.40 m
- Pequenas concreções lateríticas-Pisolíticos com espessura entre 60 a 80 cm .
- Argila vermelho-roxa com concreções lateríticas duras. Espessura máxima 1.0 m.
- Argila vermelha mais solta, espessura entre 20 a 40 cm.
- Argila arenosa, espessura desconhecida com aproximadamente 20 cm a descoberto.

4.1.1.1.1- Características da jazida Sapé-Mari/PB:

a) Características Químicas

Segundo Chagas Filho (1986), os constituintes químicos predominantes nas concreções de Sapé-Mari/PB são o Silício, Ferro e o Alumínio, sendo o Ferro o predominante.

O pH (potencial hidrogeniônico) da concreção usada, segundo Borba (1981) é de 4,35 e o teor de matéria orgânica (MO) 1,10 %.

Tabela 4.1- Composição Química

	Sapé-Mari / PB (%)
Perda ao fogo	11.17
SiO ₂	24.06
Fe ₂ O ₃	40.72
Al ₂ O ₃	23.18
CaO	0.27
NaO	0.51
K ₂ O	0.12

Fonte: Chagas Filho,(1986).

b) Características Mineralógica

Segundo Chagas Filho (1986), através de análise de difração de raio-X a concreção de Sapé-Mari é composta de quartzo, goetita, hematita e caulinita como único argilo-mineral presente.

c) Características Física

As características físicas da concreção, pode ser resumida na tabela-02.

Tabela 4.2-Propriedades Físicas das concreções.

Agregado		SP-PB
Massa Especifica Real (g/cm ³)		3,14
Massa Especifica aparente (g/cm ³)		2,48
Peso unitário (g/cm ³)		1,43
Índice de forma		0,85
Coeficiente de vazios (%)		42,3
Absorção (%)	Tempo (h)	
	1	8,6
	2	8,2
	3	8,7
	4	9,4
	5	9,0
	6	9,5
	24	8,8

Fonte: (Chagas Filho, 1986)

4.2. Água Superficial poluída

A água superficial poluída utilizada no presente trabalho foi coletada num ponto próximo a Biblioteca Setorial do Campus II/UFPB, sob uma passarela (pequena ponte), a jusante de uma pequena lagoa.

- Material utilizado nas coletas:

- Um becker de plástico de um litro;
- Dois botijões , um de 20 e outro de 10 litros

4.3-Água destilada

Esta foi proveniente do laboratório do destilador do Laboratório de Saneamento (AESAs) do Departamento de Engenharia Civil/UFPB/Campus II. A coleta dessa água foi em botijões de 20 litros.

4.4-Descrição do Experimento

O experimento foi realizado no bloco CV, Laboratório de Engenharia Sanitaria e Ambiental (AESAs) do Departamento de Engenharia Civil do Campus II / UFPB.

Foram montadas 24 colunas de garrafa "PET" (2litros) onde na parte superior destas foram cortadas. Antes de inicia-se o experimento, as garrafas foram lavadas para retirar qualquer resíduo que viesse interferir nos resultados das análises físico-químicas.

As colunas foram distribuídas , independente da água utilizada, da seguinte forma:

- 01 coluna para controle no tempo inicial 0h;
- 16 colunas imersas em Laterita:
 - 04 para o tempo 6h;
 - 04 para o tempo 12h;
 - 04 para o tempo 18h;
 - 04 para o tempo 24h;
- 07 colunas imersas em bolas de vidro:
 - 01 para o tempo 6h;
 - 01 para o tempo 12h;
 - 01 para o tempo 18h;
 - 04 para o tempo 24h;

A realização do experimento segue o fluxograma;

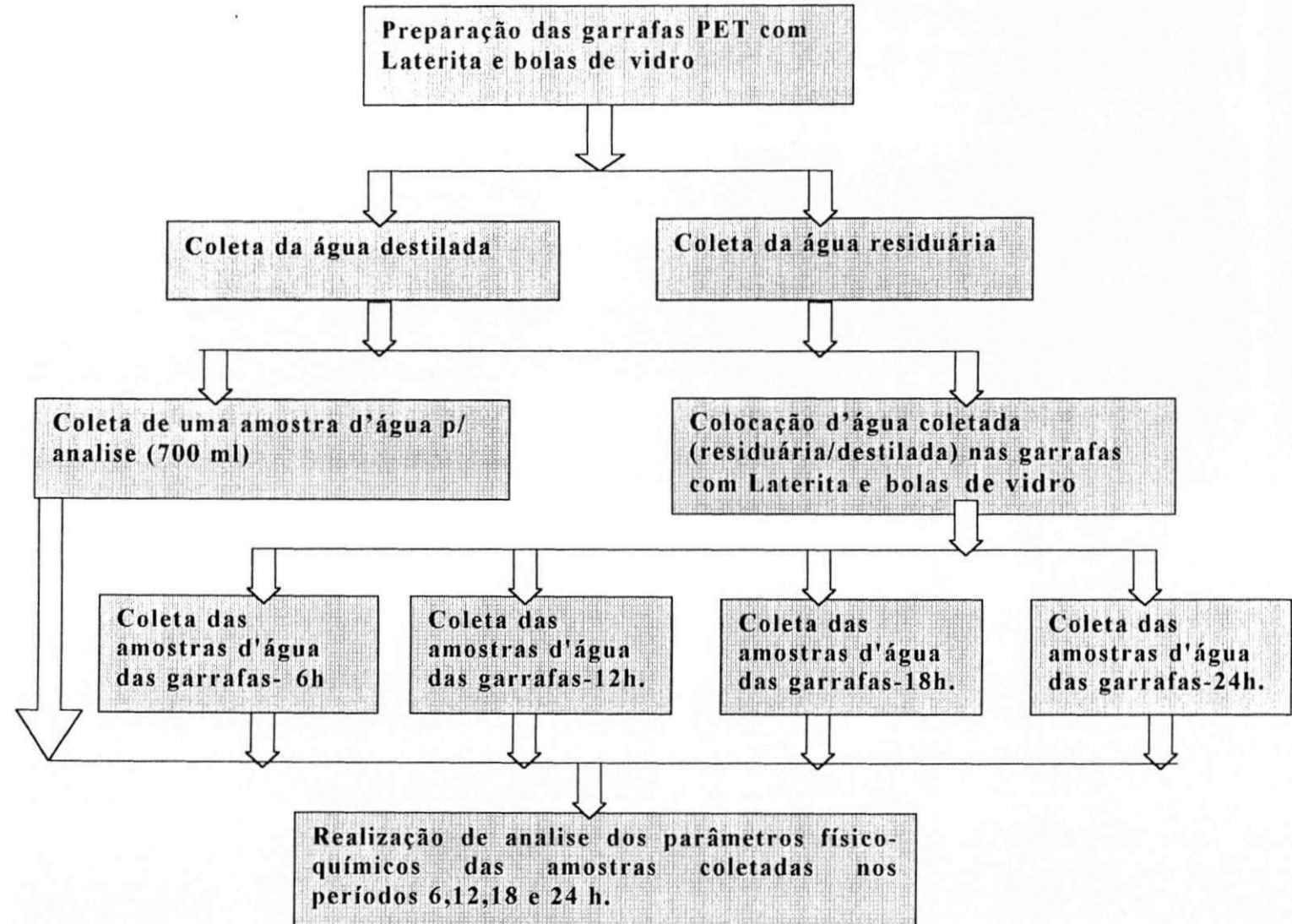


Figura 4.4 - Fluxograma do trabalho .

4.5- Procedimento de coleta das amostras

Depois que as garrafas foram lavadas e cortadas na parte superior, foram etiquetadas para identificar a água (destilada ou superficial poluída); o tempo de imersão do material (laterita ou bolas de vidro), 6h, 12h, 18h e 24h. As garrafa que continham apenas a água (destilada ou poluída) foram identificadas apenas com a hora em que foi feita a coleta e tipo de material (laterita ou bolas de vidro).

O experimento foi dividido em duas etapas: na primeira utilizou-se água superficial poluída e na segunda água destilada. Em cada etapa colocava-se 700ml da água a estudar em cada coluna. Decorrido o tempo predefinido (6, 12, 18 e 24h), homogeneiza-se o líquido para coleta e este era colocado em frascos de vidro, todos etiquetados da mesma forma que as respectivas colunas. Para caracterização das águas coletadas foi feita uma análise físico-química de todas as amostras.

4.6-Parâmetros Analisados

A tabela 4.3 mostra os parâmetros físico-químicos analisados bem como os métodos analíticos utilizados na caracterização das águas residuárias e destilada neste trabalho.

Tabela 4.3-Parâmetros físico-químicos Utilizados na Caracterização das Águas

Parâmetros	Método	Referência
pH	Potenciômetro	APHA, 1995.
Condutividade elétrica (umho/cm ³)	Resistência elétrica	APHA, 1995.
Alcalinidade(mg/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.
Bicarbonato(mg/L)	Titulométrico	RICHARDS,1954.
Sulfato(mg/L)	Turbidimétrico	APHA,1995.
Sódio(mg/L)	Fotometria de chama	EMBRAPA,1979.
potássio(mg/L)	Fotometria de chama	EMBRAPA,1979.

4.6.1- Potencial Hidrogeniônico – pH

Este parâmetro indica condições ácidas básicas do meio.

A água sofre apenas pequenas dissociações iônicas, permitindo a formação de um íon hidróxido (OH^-), básico, para cada íon hidrogênio (H^+), ácido. O pH representa, portanto, o teor de íons hidrogênio (H^+) presente no meio. Matematicamente, seu valor pode ser obtido pela equação abaixo.

$$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$$

4.1

Variando de 0 a 14, o pH tem o seu ponto neutro em 7. Valores inferiores a este ponto indicam ambientes ácidos e acima deste, ambientes alcalinos.

4.6.2-Conduktividade Elétrica – CE

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

A condutividade de uma solução é definida e padronizada para uma temperatura de 25°C, porém com o uso de certos aparelhos de condutividade, as medidas podem ser feitas a qualquer temperatura que esteja a amostra.

4.6.3-Alcalinidade Total

A alcalinidade da água é a medida da sua capacidade de neutralizar ou absorver íons hidrogênio sem mudança significativa de pH. A alcalinidade depende da presença de compostos como carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, sendo que a presença deste último é rara na maioria das águas naturais, ocorrendo geralmente em águas com pH superior a 10.

4.6.4- Dureza

O grau de dureza pode ser caracterizado pelo teor cálcio numa água. O termo “dureza” é usado em tratamento de águas e reflete principalmente o teor de íons de cálcio e magnésio que estão combinados a carbonatos e bicarbonatos, podendo estar também com sulfatos e cloretos. Águas duras, tanto de mananciais superficiais ou subterrâneos, são os mais comuns em áreas possuindo extensas formações geológicas de cálcio.

4.6.5-Cloretos

Os cloretos estão presentes em todas as águas naturais em concentrações variadas e têm às mesmas através de diversas vias, principalmente através de águas de escoamento superficial. As excretas humanas, particularmente a urina, contém cloretos numa concentração que depende da quantidade de cloretos consumidos com alimentos. Os cloretos, em concentração em torno de 250mg Cl⁻ /L, conferem gosto salgado à água que é muitas vezes rejeitada pelo homem, embora não seja nociva.

4.6.6-Sulfatos

O ion 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 domestico.

4.6.7-Íons de Sódio, Potássio, Cálcio e Magnésio

Os cátions sódio, potássio, cálcio e magnésio são os principais íons presentes em ambientes aquáticos. Vários fatores podem influenciar

na composição iônica dos corpos d'água, algumas são: a geologia da área de drenagem dos efluentes, geologia da bacia de acumulação do aquífero e o regime de chuvas.

Estes íons têm importante papel na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, pois fazem parte de importantes processos fisiológicos de suas comunidades. O cálcio, por exemplo, é essencial para o crescimento das algas, macrófitas aquáticas e muitos animais.

A maior importância do magnésio se deve à sua participação na formação da molécula de clorofila. Além disto, toma parte de inúmeros processos metabólicos na célula, como por exemplo no metabolismo do nitrogênio.

O sódio e o potássio tem como principal função, a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extra celulares. No ambiente aquático, estes íons dificilmente atuam como fatores limitantes.

4.6.8-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.

5.0-Analise Estatística

Na análise estatística empregou-se o aplicativo do Excel for Windows, onde foram calculados a media aritmética, mediana, variância, desvio padrão, mínimo, máximo e o erro cometido na época

estudada(junho a agosto de 2000). Os resultados desta análise segue em anexo.

6.0-RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1-Avaliação das características da águas superficial poluída e destiladas.

As Tabelas 6.1 a 6.4 mostram a variação das concentrações dos parâmetros físico-químicos analisados ao longo do tempo quando a laterita e as bolas de vidro ficaram imersas em água destilada e água superficial poluída.

Tabela 6.1- Concentrações médias de parâmetros físico-químicos da água destilada, imersa em Laterita ao longo do tempo

Parâmetros	Tempo (horas)				
	0	6	12	18	24
pH	3,9	6,4	6,5	6,6	6,9
C.E. (umho/cm)	5	459	525	653	657
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	0	3	4	6	11
Dureza (mg/L)	9	97	97	131	135
Cloretos (mg/L)	0	40	47	29	36
Sulfato (mg/L)	16	46	31	55	53
Cálcio (mg/L)	6	47	41	56	84
Magnésio (mg/L)	3	12	13	17	54
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	25	50	66	29	67

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 6.2- Concentrações médias de parâmetros físico-químicos da água poluída, imersa em bolas de vidro ao longo do tempo

Parâmetros	Tempo (horas)				
	0	6	12	18	24
pH	3,9	3,1	4,2	4,5	4,3
C.E. (umho/cm)	5	110	55	32	32
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	0	0	0	0	0
Dureza (mg/L)	9	7	6	6	3
Cloretos (mg/L)	0	6	9	0	0
Sulfato (mg/L)	16	19	12	14	16
Cálcio (mg/L)	6	6	6	6	5
Magnésio (mg/L)	3	4	1	3	1
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	24	0	12	12	9

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 6.3 - Concentrações Médias de Parâmetros Físico-Químicos da Água Poluída, Imersa em Laterita ao Longo do Tempo

Parâmetros	Tempo (horas)				
	0	6	12	18	24
pH	8,7	8,1	7,6	7,7	7,5
C.E. (umho/cm ³)	1507	1749	1782	1782	2072
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	56	48	44	43	52
Dureza (mg/L)	308	366	379	372	371
Cloretos (mg/L)	156	156	178	172	225
Sulfato (mg/L)	60	81	60	70	68
Cálcio (mg/L)	97	508	484	414	499
Magnésio (mg/L)	66	75	65	52	72
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	586	508	484	414	499

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 6.4 - Concentrações Médias de Parâmetros Físico-Químicos da Água Poluída, Imersa em bolas de vidro ao Longo do Tempo

Parâmetros	Tempo (horas)				
	0	6	12	18	24
pH	8,7	8,8	8,2	8,2	8,1
C.E. ($\mu\text{mho}/\text{cm}^3$)	1507	1525	1458	1483	1675
Alcalinidade Total (mgCaCO_3/L)	56	60	52	49	60
Dureza (mg/L)	308	328	262	202	289
Cloretos (mg/L)	156	153	158	191	148
Sulfato (mg/L)	60	66	55	50	27
Cálcio (mg/L)	97	610	543	525	525
Magnésio (mg/L)	66	77	54	53	60
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	586	610	543	525	525

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

6.2- pH (Potencial hidrogeniônico)

As Tabelas 6.1 e 6.2 mostram a variação média do pH para água destilada imersa em laterita e bolas de vidro. No tempo 0h, o pH apresentou-se ácido (3,9) e para a água imersa em bolas de vidro os valores encontrados oscilaram entre (3,1 e 4,3), para a água imersa em laterita o pH foi um pouco maior porém ligeiramente ácido, variando de 6,4 à 6,9, indicando aí uma pequena influência da laterita.

6.3- Condutividade

Os valores da CE podem ser observado através das Tabelas 6.1 e 6.2. Observa-se que para as colunas com água destiladas uma grande variação deste parâmetro. Nas Tabelas 6.3 e 6.4 pode-se observar que para colunas que receberam água poluída praticamente não houve variação independente do tipo de água na qual as bolas de vidro ou e laterita estavam imersas, pois os valores estiveram entre 1.458 e 2.072 $\mu\text{mho}/\text{cm}$.

6.4-Alcalinidade

Observa-se nas Tabelas 6.1 e 6.2 que alcalinidade total para a água destilada imersa em laterita, variou entre 0 e 11mgCaCO₃/L, enquanto para água destilada imersa em bolas de vidro este parâmetro foi nulo em todas as colunas. Nas Tabelas 6.3 e 6.4, a água superficial poluída imersa tanto em laterita quanto em bolas de vidro mostrou-se bastante alcalina, variando entre 43 e 60mgCaCO₃/L.

6.5- Dureza

Observa-se nas Tabelas 6.1 e 6.2 que as concentrações de dureza variaram entre 2mg/L à 135mg/L. Esta variação pode ser atribuída a presença de cálcio, pois quando este parâmetro aumentou ou diminuiu houve também um aumento na concentração da dureza. Nas Tabelas 6.3 e 6.4, as concentrações de dureza oscilaram entre 202 mg/L à 379 mg/L, e estas flutuações foram atribuídas as variações de cálcio na Laterita.

6.6-Cloretos

As concentrações de cloretos para água destilada imersa em laterita oscilaram entre 0 e 47 mg/L). Para água destilada em contato com bolas de vidro, as concentrações foram praticamente nulas variando entre 0 e 9 mg/L). Nas Tabelas 6.3 e 6.4 as concentrações de cloretos sofreram variação de 156 até 225 mg/L).

6.7-Sulfato

As concentrações de sulfato sofreram pequenas variações tanto para água destilada quanto para água poluída. Para água poluída este parâmetro oscilou entre 59mg/L à 70mg/L.

6.8- Cálcio e Magnésio

As concentrações de cálcio oscilaram entre 4mg/L à 84mg/L para água destilada e para água poluída entre 97mg/L à 610mg/L. Para o magnésio, os valores oscilaram entre 1mg/L à 17mg/L para água destilada e para água poluída a variação foi de 53mg/L à 75mg/L.

6.9-Carbonatos e Bicarbonatos

As concentrações de carbonatos estiveram ausentes na água superficial poluída e na água destilada e associada ao pH, visto que este parâmetro só está presente em águas com pH superior a 8,5.

Com relação as concentrações de bicarbonatos, estas variaram entre 0 e 66mg/L para a água destilada e entre 413 e 586mg/L para a água superficial poluída.

7.0- Conclusão

Após a realização das análises físico-química e tratamento estatístico dos dados, foi possível chegar as seguintes conclusões :

- Os parâmetros físico-químicos analisados sofreram variação com o tempo de imersão, independente do líquido estudado: água superficial poluída ou água destilada;
- A laterita exerceu forte influência nas características físico-químicas do líquido analisado: tanto para água destilada quanto para água superficial poluída;
- Na água superficial poluída em contato com a laterita, o parâmetro que mais variou foi o Condutividade Elétrica, pois o valor mínimo encontrado foi de 30umho/cm e máximo de 166umho/cm indicando um aumento de 82%; o que menos variou foi o pH, com mínimo de 7,30 e máximo de 8,30 ou seja 17%.
- Para a água destilada em contato laterita, o parâmetro que mais variou foi novamente a condutividade elétrica, cujo valor máximo foi de 780umho/cm e mínimo de 380umho/cm, representando um aumento de 55% e, novamente o pH foi aquele que menos variou, cerca de 10% visto que o máximo valor foi de 7,08 e mínimo de 6,36.

- Para uma avaliação mais completa, seria necessária uma investigação mais apurada no tocante a um tempo de contato maior, ou seja 48 (2 dias), 72 (3 dias) e talvez 5, 7 e 10 dias; também seria adequado introduzir a análise de outros parâmetros, como por exemplo; o Fe, que é um elemento presente na composição da laterita e, submeter os resultados a uma análise estatística mais sofisticada como por exemplo Análise de variância (ANOVA fator único) e o GT-2.

- Para melhor entender o processo seria interessante a utilização de outros materiais inertes, como o granito e a mármore, visto que estes se encontram em abundância na região de Campina Grande, se constituindo em um problema ambiental severo pois os rejeitos desta atividade são lançados em terrenos baldio, quando poderiam ser utilizados em sistemas de tratamento como material inerte de enchimento de filtros biológicos e em wetlands contruídos.

- Também sugere-se estudos desta natureza com a laterita de diferentes granulometrias, visto que a composição deste material varia com as dimensões concreção e também da jazida de onde o material foi extraído.

8.0-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borba, G.R. (1976). Propriedades de Resistência de um Solo Vermelho do Estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil., UFPB- Campina Grande, 97p.
- Carvalho Borba, S.M. (1981). Estudo das Propriedades Químicas e Mineralógicas de Solos Vermelhos Tropicais do Norte e Nordeste do

- Brasil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFPB-Campina Grande, 149p.
- Chagas Filho, M.B. (1986). Concreções Latericas: Propriedades Básicas e sua Utilização em Vigas Isostáticas Submetida à flexão simples. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFPB-Campina Grande 108p.
 - Costa, C.R.V.(1983). Índice de Suporte Califórnia para Solos Lateríticos: Avaliação da Metodologia e Influencia dos Efeitos das Energias Térmica e Mecânica. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFPB- Campina Grande, 290p.
 - Maior, I.S. (1983). Influência da Qualidade da Cal (envelhecimento) na Estabilização dos Solos Lateríticos. XVIII Reunião Anual da Pavimentação, Porto Alegre, setembro/1983, 521-531p.
 - Queiroz de Carvalho, J.B.; Lucena, F.B.; Costa, C.R.V.; Diniz, AA; Lima, R.C. (1996). Estudo dos Solos Lateríticos: Definição e Classificação. XXI Reunião Anual de Pavimentação, Salvador-Ba, setembro/1986, 177-194p.
 - Lucena, F.B.; Costa, C.R.V. (1988). Propriedades dos Materiais e Estudo Preliminar do Comportamento do Trecho da BR-104 Pavimentada com Mistura de Solo Laterítico e Areia. XXIII Reunião Anual de Pavimentação, Florianópolis, 03 à 07 de outubro/1988, 595-623p.
 - Nogami, J.S.; Villibor, D.F. (1983). Os Solos Tropicais Lateríticos e Saprolíticos e a Pavimentação. XVIII Reunião Anual de Pavimentação, Porto Alegre, setembro/1983, 463-483p.
 - Álvarez Neto, L.; Nogueira, J.S. (1990). Controle de Qualidade de Compactação de Solos Tropicais em Obras Urbanas. XXIV Reunião Anual de Pavimentação, Belém/Pa, 15 à 20 de julho/1990, 271-285p.

ANEXO I

Tabela 1 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída antes da imersão em laterita e bolas de vidro para o tempo T= 0h

Parâmetros	Garrafa 1
pH	8,71
CE (umho/cm)	1507,0
Alcalinidade total (mg/L)	56,0
Dureza (mg/L)	308,0
Cloretos (mg/L)	156,0
Sulfato(mg/L)	58,9
Cálcio (mg/L)	97,0
Magnésio (mg/L)	66,0
Sódio (mg/L)	ND
Potássio (mg/L)	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 2 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro (Controle) para o tempo T= 6h

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média	Controle
PH	8,20	8,21	8,08	8,05	8,14	8,78
CE (umho/cm)	1688	1670	1848	1788	1749	1525
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	47,5	47,5	48,9	47,5	47,9	60,0
Dureza (mg/L)	322	314	426	403	366,3	328,0
Cloretos (mg/L)	140,4	173,6	127,6	181,2	155,7	153,0
Sulfato(mg/L)	64,3	68,9	105,7	86,5	81,33	65,7
Cálcio (mg/L)	518,5	494,1	512,4	506,3	507,8	610,0
Magnésio (mg/L)	64,3	71,8	93,2	69,0	74,6	77,0
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	518,5	494,1	512,4	506,3	507,8	610,0

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 3 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro (Controle) para o tempo T=12h

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média	Controle
PH	7,70	7,57	7,80	7,51	7,65	8,20
CE (µmho/cm)	1717	1959	1669		1782	1458
Alcalinidade total (mg/L)	45,4	44,0	41,8	43,2	43,6	52,0
Dureza (mg/L)	307	426	277	505	378,6	262,0
Cloretos (mg/L)	160,8	199,1	183,8	168,5	178,0	158,0
Sulfatos(mg/L)	59,7	70,5	33,9	71,7	58,9	55,1
Cálcio (mg/L)	451,4	475,8	469,7	536,8	483,4	543,0
Magnésio (mg/L)	45,4	75,6	55,4	81,0	64,4	54,0
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	451,4	475,8	469,7	536,8	483,4	543,0

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 4 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro (Controle) para o tempo T=18 h.

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média	Controle
PH	7,77	7,58	7,70	7,60	7,66	8,24
CE (µmho/cm)	1735	1838	1761	1795	1782	1483
Alcalinidade total (mg/L)	41,8	45,4	42,5	40,4	42,5	49,0
Dureza (mg/L)	351	389	359	389	371,9	202,0
Cloretos (mg/L)	183,8	171,0	150,6	183,8	172,3	191,0
Sulfato(mg/L)	81,7	60,1	60,5	76,9	69,8	50,3
Cálcio (mg/L)	396,5	402,6	414,8	439,2	413,3	525,0
Magnésio (mg/L)	55,5	51,7	46,7	52,0	51,5	53,0
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	396,5	402,6	414,8	439,2	413,3	525,0

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 5 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro (Controle) para o tempo T=24 h.

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média
PH	7,30	7,49	7,53	7,60	7,48
CE (µmho/cm)	2240	1932	2190	1925	2072
Alcalinidade total (mg/L)	63,8	45,4	54,6	41,8	51,4
Dureza (mg/L)	381	374	387	342	371,1
Cloreto (mg/L)	234,8	186,3	273,1	206,7	225,2
Sulfatos(mg/L)	104,9	38,3	66,1	63,1	68,1
Cálcio (mg/L)	616,1	396,5	579,5	402,6	498,7
Magnésio (mg/L)	85,7	63,0	66,8	70,6	71,5
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	616,1	396,5	579,5	402,6	498,7

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 6 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em bolas de vidro (Controle) para o tempo T=24h

Parâmetros	Controle 1	Controle 2	Controle 3	Controle 4	Média
PH	7,94	8,00	8,30	8,02	8,07
CE (µmho/cm)	1658	1642	1694	1706	1675
Alcalinidade total (mg/L)	56,0	56,0	54,6	68,8	58,8
Dureza (mg/L)	307	277	274	299	289,2
Cloretos (mg/L)	125,1	130,2	148,0	186,3	147,4
Sulfato(mg/L)	19,3	39,3	43,5	6,9	27,2
Cálcio (mg/L)	500,2	536,8	536,8	524,6	524,6
Magnésio (mg/L)	64,3	63,0	58,0	56,7	60,5
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	500,2	536,8	536,8	524,6	524,6

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 7 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água superficialdestilada antes da imersão em laterita e bolas de vidro para o tempo T= 0h

Parâmetros	Garrafa 1
PH	3,90
CE ($\mu\text{mho}/\text{cm}^3$)	5
Alcalinidade total (mg/L)	0,0
Dureza (mg/L)	9,0
Cloretos (mg/L)	0,0
Sulfato(mg/L)	15,5
Cálcio (mg/L)	6,2
Magnésio (mg/L)	2,5
Sódio (mg/L)	ND
Potássio (mg/L)	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	24,4

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 8 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água destilada após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro (Controle) para o tempo T=6 h.

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média	Controle
PH	6,37	6,41	6,40	6,48	6,42	3,12
CE ($\mu\text{mho}/\text{cm}$)	507	431	516	382	459	110
Alcalinidade (mg/L)	4,3	2,8	2,8	2,1	3,0	0,0
Dureza (mg/L)	116,5	81,1	126,8	61,9	96,6	7,0
Cloretos (mg/L)	50,6	26,8	44,7	35,7	39,5	6,0
Sulfato(mg/L)	55,5	45,1	54,5	26,7	45,4	18,7
Cálcio (mg/L)	52,0	52,0	52,0	31,2	46,8	6,2
Magnésio (mg/L)	18,7	6,2	18,7	3,7	11,9	3,7
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	61,0	48,8	36,6	54,9	50,3	0,0

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 9 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água destilada após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro(Controle) para o tempo T=12 h.

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média	Controle
PH	6,45	6,45	6,61	6,36	6,47	4,15
CE (µmho/cm)	502	628	488	480	525	55
Alcalinidade total (mg/L)	3,5	3,5	4,3	4,3	3,9	0,0
Dureza (mg/L)	119,5	101,8	88,5	79,6	97,3	6,0
Cloreto (mg/L)	65,5	50,6	14,9	56,6	46,9	9,0
Sulfatos(mg/L)	9,9	34,1	30,7	48,5	30,8	12,1
Cálcio (mg/L)	41,6	56,2	33,3	33,3	41,1	6,2
Magnésio (mg/L)	8,7	17,5	12,5	12,5	12,8	3,7
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	61,0	48,8	67,1	85,4	65,6	12,0

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 10 -Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água destilada após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro(Controle) para o tempo T=18 h.

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média	Controle
PH	6,56	6,59	6,60	6,55	6,58	4,50
CE (µmho/cm)	573	780	613	646	653	32
Alcalinidade total (mg/L)	5,0	5,0	5,7	5,0	5,1	0,0
Dureza (mg/L)	106,2	188,8	110,6	118,0	130,9	6,0
Cloreto (mg/L)	20,8	35,7	56,6	0,0	28,3	0,0
Sulfatos(mg/L)	50,5	57,5	53,3	57,9	54,8	13,3
Cálcio (mg/L)	45,8	77,0	47,8	52,0	55,6	6,2
Magnésio (mg/L)	10,0	27,5	15,0	16,2	17,2	2,5
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	0,0	0,0	97,6	18,3	29,0	12,0

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 11 -Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água destilada após a imersão em laterita (Garrafas de 1 a 4) e bolas de vidro(Controle) para o tempo T=14 h.

Parâmetros	Garrafa 1	Garrafa 2	Garrafa 3	Garrafa 4	Média
PH	6,73	7,07	7,08	6,61	6,87
CE ($\mu\text{mho/cm}$)	684	620	642	683	657
Alcalinidade total (mg/L)	8,5	14,9	14,9	4,3	10,6
Dureza (mg/L)	134,2	112,1	138,6	154,8	134,9
Cloretos (mg/L)	44,7	38,7	32,8	26,8	35,7
Sulfato(mg/L)	59,9	51,1	48,7	50,7	52,6
Cálcio (mg/L)	58,2	56,2	110,2	110,2	83,7
Magnésio (mg/L)	13,7	7,5	0,0	0,0	5,3
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	79,3	158,6	0,0	30,5	67,1

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 12 - Valores dos parâmetros físico químicos analisados na água destilada após a imersão em bolas de vidro (Controle) para o tempo T=24h

Parâmetros	Controle 1	Controle 2	Controle 3	Controle4	Média
PH	4,33	3,15	4,38	5,30	4,29
CE ($\mu\text{mho/cm}^3$)	60	32	24	11	32
Alcalinidade total(mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dureza (mg/L)	4,4	4,4	0,0	0,0	2,2
Cloretos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato(mg/L)	16,3	16,1	14,9	15,1	15,6
Cálcio (mg/L)	2,1	4,2	6,2	4,2	4,2
Magnésio (mg/L)	1,2	2,5	0,0	0,0	0,9
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (mg/L)	0,0	0,0	18,3	18,3	9,2

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 13 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita para o tempo T=6h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	8,14	8,14	0,08	8,05	8,21
CE (µmho/cm)	1748,50	1738,00	84,23	1670,00	1848,00
Alcalinidade total (mg/L)	47,86	47,50	0,71	47,50	48,92
Dureza (mg/L)	366,27	362,55	56,70	314,16	425,83
Cloretos (mg/L)	155,70	156,97	25,78	127,62	181,22
Sulfato (mg/L)	81,33	77,68	18,84	64,28	105,68
Cálcio (mg/L)	507,83	509,35	10,42	494,10	518,50
Magnésio (mg/L)	74,58	70,41	12,83	64,26	93,24
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	507,83	509,35	10,42	494,10	518,50

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 14 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita para o tempo T=12h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	7,65	7,64	0,13	7,51	7,80
CE (µmho/cm)	1781,67	1717,00	155,44	1669,00	1959,00
Alcalinidade total (mg/L)	43,60	43,60	1,48	41,83	45,38
Dureza (mg/L)	378,55	366,27	105,90	276,94	504,74
Cloretos (mg/L)	178,03	176,12	16,98	160,80	199,09
Sulfato(mg/L)	58,93	65,08	17,55	33,88	71,68
Cálcio (mg/L)	483,43	472,75	37,06	451,40	536,80
Magnésio (mg/L)	64,35	65,52	16,77	45,36	81,00
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	483,43	472,75	37,06	451,40	536,80

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 15 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita para o tempo T=18h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	7,66	7,65	0,09	7,58	7,77
CE ($\mu\text{mho}/\text{cm}^3$)	1782,25	1778,00	44,55	1735,00	1838,00
Alcalinidade (mg/L)	42,54	42,19	2,09	40,41	45,38
Dureza (mg/L)	371,85	373,71	19,58	351,38	388,60
Cloretos (mg/L)	172,29	177,39	15,66	150,59	183,77
Sulfatos(mg/L)	69,78	68,68	11,14	60,08	81,68
Cálcio (mg/L)	413,28	408,70	18,88	396,50	439,20
Magnésio (mg/L)	51,48	51,85	3,60	46,73	55,49
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	413,28	408,70	18,88	396,50	439,20

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 16 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita para o tempo T=24h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	7,48	7,51	0,13	7,30	7,60
CE ($\mu\text{mho}/\text{cm}^3$)	2071,75	2061,00	166,69	1932,00	2240,00
Alcalinidade (mg/L)	51,40	49,98	9,87	45,38	63,81
Dureza (mg/L)	371,11	377,44	19,88	373,71	387,11
Cloretos (mg/L)	225,25	220,78	37,59	186,33	273,11
Sulfatos(mg/L)	68,08	64,58	27,52	38,28	104,88
Cálcio (mg/L)	498,68	491,05	115,46	396,50	616,10
Magnésio (mg/L)	71,51	68,67	9,94	63,00	85,68
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	498,68	491,05	115,46	396,50	616,10

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 17 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em bolas de vidro (controle) para o tempo T=24h.

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	8,07	8,01	0,16	7,94	8,30
CE ($\mu\text{mho}/\text{cm}^3$)	1675,00	1676,00	30,00	1642,00	1706,00
Alcalinidade (mg/L)	58,85	56,01	6,65	54,59	68,77
Dureza (mg/L)	289,22	288,10	16,24	273,96	306,71
Cloretos (mg/L)	147,40	139,11	27,76	125,07	186,33
Sulfatos(mg/L)	27,23	29,28	17,19	19,28	43,48
Cálcio (mg/L)	524,60	530,70	17,25	500,20	536,80
Magnésio (mg/L)	60,48	60,48	3,71	57,96	64,26
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	524,60	530,70	17,25	500,20	536,80

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 18 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água destilada após a imersão em laterita para o tempo T=6h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	6,42	6,41	0,05	6,37	6,48
CE ($\mu\text{mho}/\text{cm}$)	459,00	469,00	63,94	382,00	516,00
Alcalinidade totais (mg/L)	3,01	2,84	0,89	2,13	4,25
Dureza (mg/L)	96,59	98,81	30,28	61,94	126,83
Cloreto (mg/L)	39,46	40,20	10,42	26,80	50,62
Sulfatos(mg/L)	45,43	49,78	13,35	26,68	55,48
Cálcio (mg/L)	46,80	52,00	10,40	31,20	52,00
Magnésio (mg/L)	11,86	12,48	7,99	3,74	18,72
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	50,33	51,85	10,42	36,60	61,00

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 19 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita para o tempo T=12h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	6,47	6,45	0,10	6,36	6,61
CE (µmho/cm)	524,50	495,00	69,60	480,00	628,00
Alcalinidade totais (mg/L)	3,90	3,90	0,41	3,55	4,25
Dureza (mg/L)	97,33	95,12	17,32	79,63	119,45
Cloretos (mg/L)	46,90	53,60	22,20	14,89	65,51
Sulfato(mg/L)	30,78	32,38	15,93	9,88	48,48
Cálcio (mg/L)	41,08	37,44	10,79	33,28	56,16
Magnésio (mg/L)	12,79	12,48	3,58	8,74	17,47
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	65,58	64,05	15,25	48,80	85,40

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 20 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita para o tempo T=18h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	6,87	6,90	0,24	6,61	7,08
CE (µmho/cm)	657,25	662,50	31,62	620,00	684,00
Alcalinidade (mg/L)	10,64	11,70	5,21	4,25	14,89
Dureza (mg/L)	134,94	136,41	17,64	112,08	154,85
Cloreto (mg/L)	35,73	35,73	7,69	26,80	44,67
Sulfatos(mg/L)	52,58	50,88	4,98	48,68	59,88
Cálcio (mg/L)	83,72	84,24	30,63	56,16	110,24
Magnésio (mg/L)	5,30	3,74	6,63	0,00	13,73
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	67,10	54,90	69,19	0,00	158,60

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 21 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água superficial poluída após a imersão em laterita para o tempo T=24h.

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	6,87	6,90	0,24	6,61	7,08
CE (µmho/cm)	657,25	662,50	31,62	620,00	684,00
Alcalinidade (mg/L)	10,64	11,70	5,21	4,25	14,89
Dureza (mg/L)	134,94	136,41	17,64	112,08	154,85
Cloretos (mg/L)	35,73	35,73	7,69	26,80	44,67
Sulfatos(mg/L)	52,58	50,88	4,98	48,68	59,88
Cálcio (mg/L)	83,72	84,24	30,63	56,16	110,24
Magnésio (mg/L)	5,30	3,74	6,63	0,00	13,73
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	67,10	54,90	69,19	0,00	158,60

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

Tabela 22 - tratamento estatístico dos parâmetros físico químicos analisados na água destilada após a imersão em bolas de vidro (controle) para o tempo T=24h

Parâmetros	Média	Mediana	D. Padrão	Mínimo	Máximo
PH	4,29	4,36	0,88	3,15	5,30
CE (µmho/cm)	31,88	28,05	20,58	11,40	60,00
Alcalinidade (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dureza (mg/L)	2,21	2,21	2,55	0,00	4,42
Cloretos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfatos(mg/L)	15,58	15,58	0,70	14,88	16,28
Cálcio (mg/L)	4,16	4,16	1,70	2,08	6,24
Magnésio (mg/L)	0,94	0,62	1,19	0,00	2,50
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Carbonatos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	9,15	9,15	10,57	0,00	18,30

C.E/ condutividade elétrica

ND = Não Determinado por quebra do equipamento.

ANEXO II

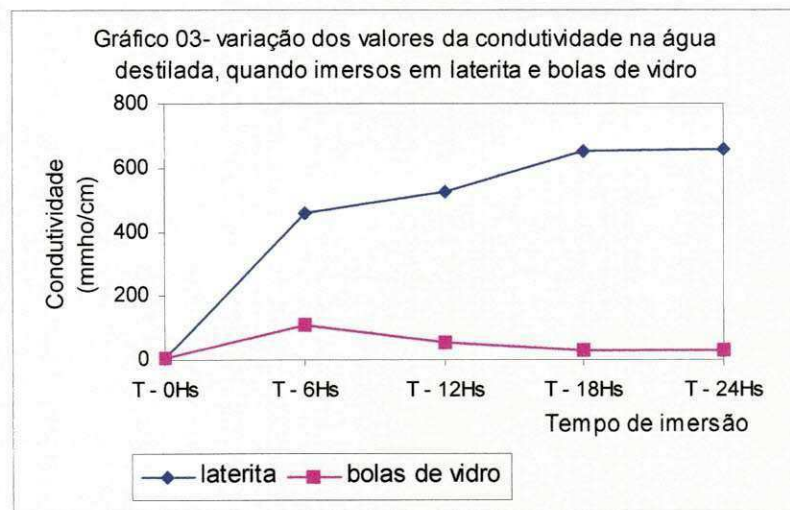
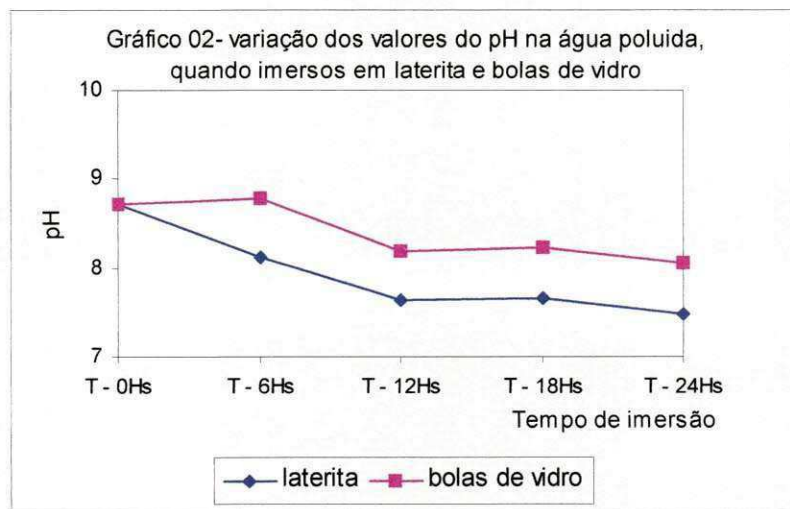
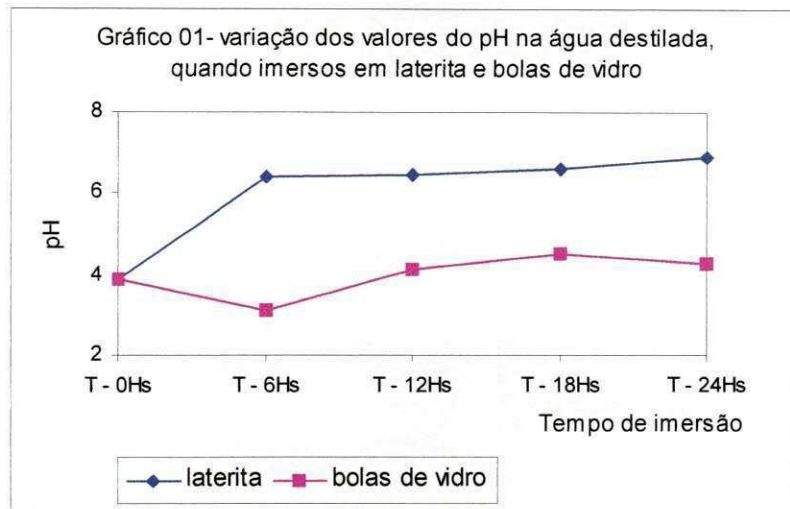


Gráfico 04- variação dos valores da condutividade na água poluída, quando imersos em laterita e bolas de vidro

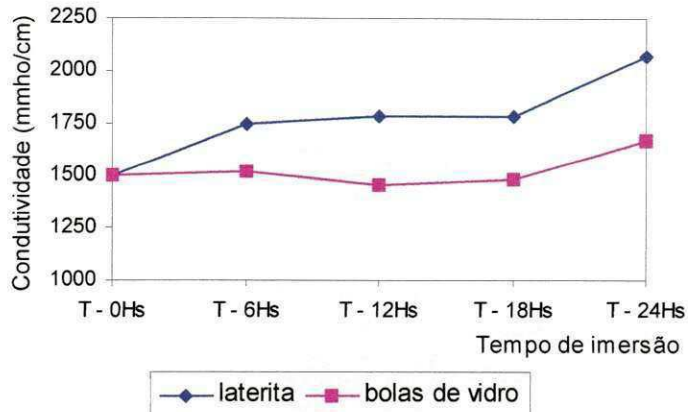


Gráfico 05- Variação dos valores da alcalinidade na água destilada, quando imerso em laterita e bolas de vidro

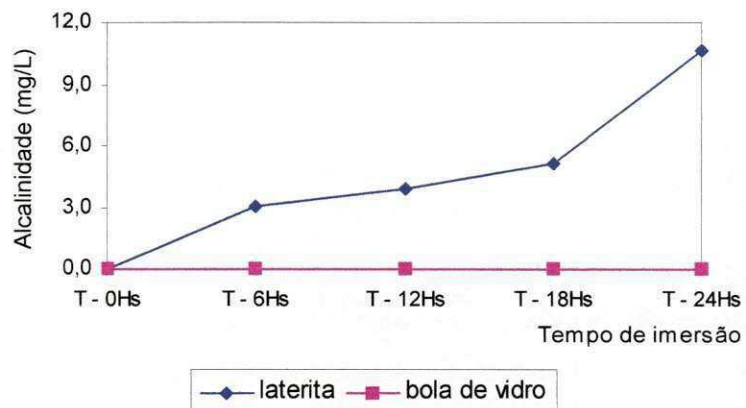


Gráfico 06- Variação dos valores da alcalinidade na água poluída, quando imerso em laterita e bolas de vidro

