



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA
III CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO HÍDRICA

**QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM BEBEDOUROS DOS
SETORES BÁSICO E PROFISSIONAL DA CIDADE
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO -
UFPA, BELÉM - PARÁ**

LARISSA SILVA E SILVA



gestão
hídrica
ambiental

JANEIRO/2014

BELÉM/PA

LARISSA SILVA E SILVA

**QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM BEBEDOUROS DOS
SETORES BÁSICO E PROFISSIONAL DA CIDADE
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO -
UFPA, BELÉM - PARÁ**

Monografia de Especialização apresentada para
obtenção do Título de Especialista em Gestão
Hídrica pelo Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará – UFPA.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Matos
de Abreu – IG/UFPA.

JANEIRO/2014

BELÉM/PA

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
(Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA)

Silva, Larissa Silva e, 1981-

Qualidade da água consumida em bebedouros dos setores básico e profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto - UFPA, Belém-Pará / Larissa Silva e Silva. – 2014.

61 f.: il. ; 29 cm.

Inclui bibliografias

Orientador: Francisco de Assis Matos de Abreu

Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Pará, Secretaria de Educação à Distância, Instituto de Geociências, Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental, Belém, 2014.

1. Água - Qualidade. 2. Poços. 3. Águas subterrâneas – Belém (PA). 4. Aquíferos – Belém (PA). 5. Universidade Federal do Pará. I. Título.

CDD 22 ed. 628.16

LARISSA SILVA E SILVA

**QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM BEBEDOUROS DOS
SETORES BÁSICO E PROFISSIONAL DA CIDADE
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO -
UFPA, BELÉM - PARÁ**

Monografia de Especialização apresentada para
obtenção do Título de Especialista em Gestão
Hídrica pelo Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará – UFPA.

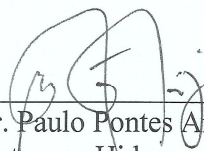
Data da aprovação: 30/ 01/ 2014

Conceito: EXC

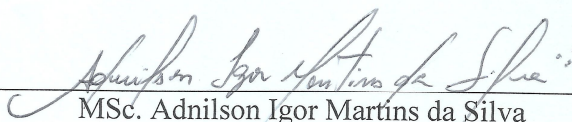
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu (Orientador)
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará



Dr. Paulo Pontes Araújo
Doutor em Hidrogeologia
Serviço Geológico do Brasil - CPRM



MSc. Adnilson Igor Martins da Silva
Engenheiro Sanitarista e Segurança do Trabalho
Prefeitura do Campus da UFPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, e aos meus pais Elizabeth da Silva e Eduardo José da Costa Silva, que são a minha fonte de amor, força, orgulho e admiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, por sempre está presente em minha vida, proporcionando-me perseverança, sabedoria, e determinação na realização desta monografia de especialização.

Aos meus pais, que me ensinaram a viver com dignidade e muitas vezes abriram mãos de seus sonhos em favor dos meus: a minha gratidão, respeito e o meu eterno amor.

A minha família pelo amor, incentivo e compreensão em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu e ao prof. Dr. Milton Antonio da Silva Matta pela ajuda, esclarecimentos, dedicação e apoio oferecidos ao longo deste curso e no desenvolvimento desta monografia e principalmente pela amizade.

Ao Curso de Especialização em Gestão Hídrica (IG/UFPA), nas pessoas dos Coordenadores Pedagógicos Prof. Dr. Milton Antonio da Silva Matta e Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu, pela Bolsa de Estudos Integral pertinente ao Curso, a mim concedida.

À FADESP, pelo apoio financeiro referente à bolsa de especialização durante todo o curso.

A minha amiga Érika Rodrigues pela ajuda na coleta das amostras e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao prof. Dr. José Augusto Martins Corrêa por ter permitido e cedido os instrumentos e materiais necessários para a realização das análises físico-químicas nos Laboratórios de Cromatografia, Hidroquímica e Análises Químicas do Instituto de Geociências.

Aos técnicos Natalino Siqueira e Leila Hanna pela orientação indispensável durante o procedimento nos laboratórios.

A prof^a Vanda Lemos do Departamento de química da UFPA, pela ajuda e esclarecimento na parte dissertativa da determinação de ferro nas amostras.

Ao meu amigo Antonio Pantoja Júnior pelo auxílio nas análises laboratoriais e apoio durante o desenvolvimento desta monografia.

À prefeitura do Campus da UFPA, na pessoa do prefeito Engenheiro Alemar Dias Rodrigues Junior e Adnilson Igor Martins da Silva pela atenção e informações oferecidas para o complemento desse trabalho.

Aos funcionários da prefeitura do Campus da Universidade Federal do Pará, Gabriel Yoshino, Raimundo Nonato e Nelson Sodré, pela atenção e informações concedidas para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos funcionários Alberto Duarte e Jorge Pantoja da estação de tratamento de água – ETA da UFPA pela recepção durante a coleta de água dos poços na etapa de campo.

Aos amigos que eu conquistei durante esses anos na UFPA em especial: Érika Rodrigues, Osmar Guedes Jr, Antonio Pantoja (Az), Hyvana Carla, Karen Carmona, Laís Torres, e todos aqueles que de alguma forma estiveram presente seja pelo convívio e apoio durante o curso.

E, por fim, agradeço a todas as pessoas que direta, ou indiretamente, contribuíram para a finalização deste trabalho.

*“Água, água, em todos os lugares, E
nem uma gota para beber.”*

*(Trecho do poema de Samuel Taylor
Coleridge)*

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais volta ao seu tamanho original.”*

(Albert Einstein)

RESUMO

A qualidade das águas consumidas na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto a partir dos bebedouros do (local) foi objeto de análise qualitativa, na qual, foram coletadas 15 amostras entre 12 bebedouros e 3 poços profundos localizados nos setores básico e profissional (ETA) do Campus, respectivamente para análise físico-química das águas, sendo analisados os seguintes íons e parâmetros: pH, dureza total, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cloreto, fluoreto, sulfato, ferro total, sódio, potássio, cálcio, magnésio, amônio, nitrato e alcalinidade total. Os pacotes sedimentares que acumulam água subterrânea na área de estudo são formadores de três sistemas aquíferos principais: Barreiras, Pirabas Superior e Pirabas Inferior. Sendo o poço da ETA 3 o que possui maior volume de água que é tratada e destinada aos pontos de consumo no Campus da UFPA cuja vazão é de 200 m³/h. Com base nos resultados físico-químicos realizados nos bebedouros e poços na área de estudo observa-se que há restrições para o consumo humano segundo a Portaria n^o. 2914/2011 do Ministério da Saúde e a OMS para os parâmetros ferro e turbidez. No entanto, se considerarmos somente os bebedouros para a classificação da qualidade da água, verificasse que 75% das amostras apresentam uma boa qualidade da água, não havendo restrições maiores no geral para o consumo humano. Quanto à dureza, as águas dos bebedouros e poços apresentam padrões semelhantes de classificação, oscilando de “Moderadamente Dura” a “Dura” (menor quantidade em ambos), na qual, todas apresentaram valores dentro do limite estabelecido pela Portaria n^o2914 do MS de até 500 mg/L de CaCO₃. Segundo o Art^o 3 da Resolução CONAMA N^o 396/2008, as águas subterrâneas da área de estudo podem ser classificadas em Classe 2. E conforme a Resolução CONAMA N^o 357/2005, 100% das águas subterrâneas dos poços amostrados são do tipo doce. Recomenda-se que sejam realizadas algumas ações na área do Campus da UFPA dentre elas: monitoramento qualitativo das águas analisadas buscando um melhor controle, realizar a manutenção preventiva e corretiva da unidade de tratamento, como também a troca (respeitando o prazo de validade) e manutenção dos filtros e dos equipamentos, no caso os bebedouros, visando garantir a qualidade da água para todos os usuários.

Palavras-chave: Qualidade. Poços. Bebedouros. Águas subterrâneas. Aquíferos Barreiras e Pirabas.

ABSTRACT

The quality of consumed waters in Professor José da Silveira Netto City University from the drinkers of the (local) was subjected to qualitative analysis, in which 15 samples from 12 drinking fountains and 3 deep wells located in the basic and professional sectors (ETA) Campus were collected respectively for physic-chemical water analysis, it was analyzed the following of ions and parameters: pH, total hardness, conductivity, total solids dissolved, turbidity, chloride, fluoride, sulfate, total iron, sodium, potassium, calcium, magnesium, ammonium, nitrate and total alkalinity. The sedimentary packages that accumulate groundwater in the study area are three sets of trainers major aquifers: Barreiras, Upper and Lower Pirabas. The ETA well 3 is the one which has a larger volume of water. This water is treated and destined to points of consumption on campus UFPA whose flow is 200 m³/h. Based on the physic-chemical results achieved in the wells and troughs in the study area, it is observed that there are restrictions for human consumption according to the Decree n.º 2914/2011 of the Ministry of Health and OMS for the parameters iron and turbidity. However, if we consider only the troughs for the classification of water quality, it appears that 75% of the samples show good water quality, with no further restrictions in general for human consumption. Regarding the hardness of the water fountains and wells exhibit similar patterns of classification, ranging from "Moderately Hard" to "Hard" (smaller amount in both), in which all had values within the limit established by Ordinance No. 2914 MS up to 500 mg/L CaCO₃. According to Art 3 of CONAMA Resolution No. 396/2008, the groundwater in the study area can be classified as Class 2. And according to CONAMA Resolution No. 357/2005, 100% of the sampled groundwater wells are the sweet type. It is recommended that some actions in the Campus area UFPA such as: qualitative monitoring water analyzed to better control, perform preventive and corrective maintenance of treatment units, as well as the exchange (respecting the validity) and maintenance of filters and equipment, in the case of troughs, in order to ensure water quality for all users.

Keywords: Quality. Wells. Drinkers. Groundwater. Barriers and Pirabas aquifers.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa de localização da área de estudo na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto..... | 16 |
| Figura 2: Procedimento de coleta d'água no Bebedouro do Bloco G (Setor Básico), localizado na Cidade Universitária (Março/2013)..... | 24 |
| Figura 3: Mapa de localização dos pontos cadastrados na área de estudo na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto. | 25 |
| Figura 4: Curva de calibração do ferro com obtenção da equação da reta $y = BX + A$, onde $y =$ absorvância, $A = 0,00204$; $B = 0,19708$; $R = 0,99947$; $SD = 0,0058$ | 28 |
| Figura 5: Ciclo hidrológico. | 32 |
| Figura 6: Poço Tubular ETA 3, em uso. Localizado na Cidade Universitária da UFPA. | 35 |
| Figura 7 A e B: Poço Tubular ETA 2, em uso, com más condições de preservação. Na Foto B, detalhe interno do tubo de revestimento, mostrando a precariedade das condições técnicas (Março/2013)..... | 36 |
| Figura 8 A e B: Poço Tubular ETA 1, em uso, com revestimento de ferro galvanizado, ressalta-se que este não é o modo correto de tampar um poço. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013)..... | 37 |
| Figura 9: Aerador tipo bandeja de desferrização e Filtros da ETA. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013)..... | 40 |
| Figura 10: Esquema do Tratamento de Água da Cidade Universitária da UFPA. | 41 |
| Figura 11: A) Bebedouro de classificação tipo 1 e/ou 2 da Biblioteca Central (BCm) e B) Bebedouro do RU classificado em tipo 1 e/ou 3, em uso. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013)..... | 42 |
| Figura 12: Bebedouro do Bloco B, em uso. Com filtro externo. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013)..... | 43 |
| Figura 13: Bebedouro do Bloco O, em uso. Na Figura A, detalhe para o filtro com prazo de validade possivelmente vencido. E em B, detalhe dos resíduos sólidos despejados pelo usuário. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013)..... | 43 |
| Figura 14: Modelo do mecanismo interno de filtragem e purificação segundo fabricantes dos filtros externos encontrados nos bebedouros analisados na Cidade Universitária. | 44 |
| Figura 15: Mapa de localização dos pontos de amostragem para análise da qualidade de água na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto..... | 47 |
| Figura 16: Distribuição dos valores de Turbidez para as águas dos poços na área de estudo. | 49 |

| | |
|--|----|
| Figura 17: Concentração dos valores de Ferro total para as águas dos poços na área de estudo. | 50 |
| Figura 18: Distribuição dos valores de pH das águas dos bebedouros na área de estudo..... | 52 |
| Figura 19: Distribuição dos valores de Dureza das águas dos bebedouros na área de estudo. | 52 |
| Figura 20: Distribuição dos valores de Turbidez das águas dos bebedouros na área de estudo. | 53 |
| Figura 21: Concentração dos valores de Ferro total das águas dos bebedouros na área de estudo. | 54 |
| Figura 22: Concentração dos valores de Amônio das amostras de água na área de estudo..... | 55 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Principais características dos sistemas hidrogeológicos que ocorrem em Belém.... | 30 |
| Tabela 2: Padrões de potabilidade nacional e internacional das águas para consumo humano. | 34 |
| Tabela 3: Cadastro das informações sobre os poços da Cidade Universitária. | 38 |
| Tabela 4: Pontos amostrados na área do Campus da UFPA. | 46 |
| Tabela 5: Valores obtidos nas análises de água dos poços na área de estudo. | 48 |
| Tabela 6: Valores obtidos nas análises de água dos bebedouros na área de estudo. | 51 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- APHA – American Public Health Association
- CE – Condutividade Elétrica
- CETESB – Centro Tecnológico de Saneamento Básico
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)

ETA – Estação de Tratamento de Água
GPS – Global Positioning System
mg/L – Miligramas por litro
nm – Nanômetro
MS – Ministério da Saúde
NE – Nível Estático
ND – Nível Dinâmico
OMS – Organização Mundial da Saúde
pH – Potencial Hidrogeniônico
PVC – Polietileno Vinil Carbono
RMB – Região Metropolitana de Belém
SD – Desvio padrão
STD – Sólidos Totais Dissolvidos
UFPA – Universidade Federal do Pará
UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez
UTM – Universal Transversa de Mercator
 $\mu\text{S/cm}$ – Microsiemes por centímetro
VMP – Valor Máximo Permitido
 $^{\circ}\text{C}$ – Grau Celsius
Fe – Ferro
 F^{-} – Fluoreto
 Cl^{-} – Cloreto
 NO_3^{-} – Nitrato
 SO_4^{2-} – Sulfato
 Na^{+} – Sódio
 K^{+} – Potássio
 NH_4^{+} – Amônio
 Mg^{2+} – Magnésio
 Ca^{2+} – Cálcio
 CaCO_3 – Carbonato

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 Localização e acesso à área | 15 |
| 1.2 Objetivos | 15 |
| 1.3 Justificativa e relevância do tema | 17 |
| 2 METODOLOGIA | 18 |
| 2.1 Levantamento bibliográfico | 18 |
| 2.2 Cadastramento dos bebedouros / poços | 23 |
| 2.3 Etapa de campo | 23 |
| 2.4 Laboratório/escritório | 26 |
| 2.5 Tratamento e integração dos dados | 29 |
| 2.6 Elaboração do texto final | 29 |
| 3 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO | 29 |
| 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 31 |
| 4.1 Ciclo hidrológico | 31 |
| 4.2 Qualidade das águas | 33 |
| 5 SISTEMA DE ABASTECIMENTO E OS BEBEDOUROS | 35 |
| 6 Resultados e discussões | 45 |
| 6.1 Qualidade das Águas no Campus da UFPA – Belém-PA | 45 |
| 6.2 Análise e interpretação | 46 |
| 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 57 |
| REFERÊNCIAS | 59 |

1 INTRODUÇÃO

A água de qualidade, isto é, aquela que atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pelos órgãos controladores, é uma necessidade básica de qualquer ser humano. Toda a água a ser usada em um suprimento público, ou privado, voltado ao consumo humano, deve ser potável e não deve ser quimicamente pura, pois a água carente de matéria dissolvida e em suspensão não tem paladar e é desfavorável à saúde humana. Desta forma, manter a água potável e constantemente disponível ao homem é uma das obrigações dos órgãos governamentais. Mas, não é apenas responsabilidade pública e, sim, de toda a sociedade por se tratar de bem essencial (SILVA, 2004).

A qualidade físico-química da água é dada, em princípio, pela dissolução dos minerais das rochas em que elas percolam, as quais constituem os sistemas aquíferos. Também pode sofrer a influência de outros fatores, tais como, a composição da água de recarga, tempo de contato água/rocha, clima e, até mesmo, a interferência causada por atividades humanas. Devido ao maior contato com as rochas, baixa velocidade de fluxo e maiores pressões e temperaturas, as águas subterrâneas são geralmente mais mineralizadas que as águas superficiais. Pelas mesmas razões, elas possuem menores teores de matérias em suspensão e matéria orgânica, esta última devido à ação dos microorganismos presentes no solo. Também, devido as suas condições de circulação, as águas subterrâneas tendem a possuir menor teor de oxigênio dissolvido do que as superficiais.

Na avaliação da qualidade de uma água, as impurezas presentes são retratadas por suas características físicas, químicas e biológicas, as quais são traduzidas em termos de parâmetros que permitem classificar a água por seu conteúdo mineral, caracterizar a sua potabilidade e apontar anomalias de substâncias tóxicas (CAVALCANTE e MATTA, 2012).

Uma das maiores e mais importantes instituições da Amazônia, a Universidade Federal do Pará, cuja sede situa-se na denominada Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, está situada na cidade de Belém, no bairro do Guamá e ocupa uma área total de 450 hectares, dividida em quatro setores distintos: Campus I (Setor Básico); Campus II (Setor Profissional), Campus III (Setor Esportivo), Campus IV (Setor da Saúde). Logo, considerando-se a população que frequenta o Campus e utiliza a água nos seus diversos segmentos, torna-se importante avaliar a qualidade das águas consumidas neste, a partir da avaliação em bebedouros instalados no Setor Básico, bem como da água dos aquíferos Barreiras e Pirabas que são captadas pelos poços e pela estação de tratamento de água – ETA no Setor Profissional, da UFPA, no contexto de gestão integrada dos recursos hídricos.

1.1 Localização e acesso à área

A área de estudo é a porção sudoeste da Cidade Universitária da UFPA, inserida na carta topográfica SA. 22-X-D-III (Folha Belém), delimitada pelas coordenadas geográficas de 1° e 1°30'S e 48° e 48°30' W. Situa-se na porção sudeste da cidade de Belém – Pará, na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, perfazendo aproximadamente uma área de 544.052 m², limitando-se a oeste com a baía do Guajará e ao sul com o rio Guamá (Figura 1).

O acesso ao Campus da UFPA é feito principalmente pelas avenidas: Bernardo Sayão, Augusto Corrêa e Perimetral.

1.2 Objetivos

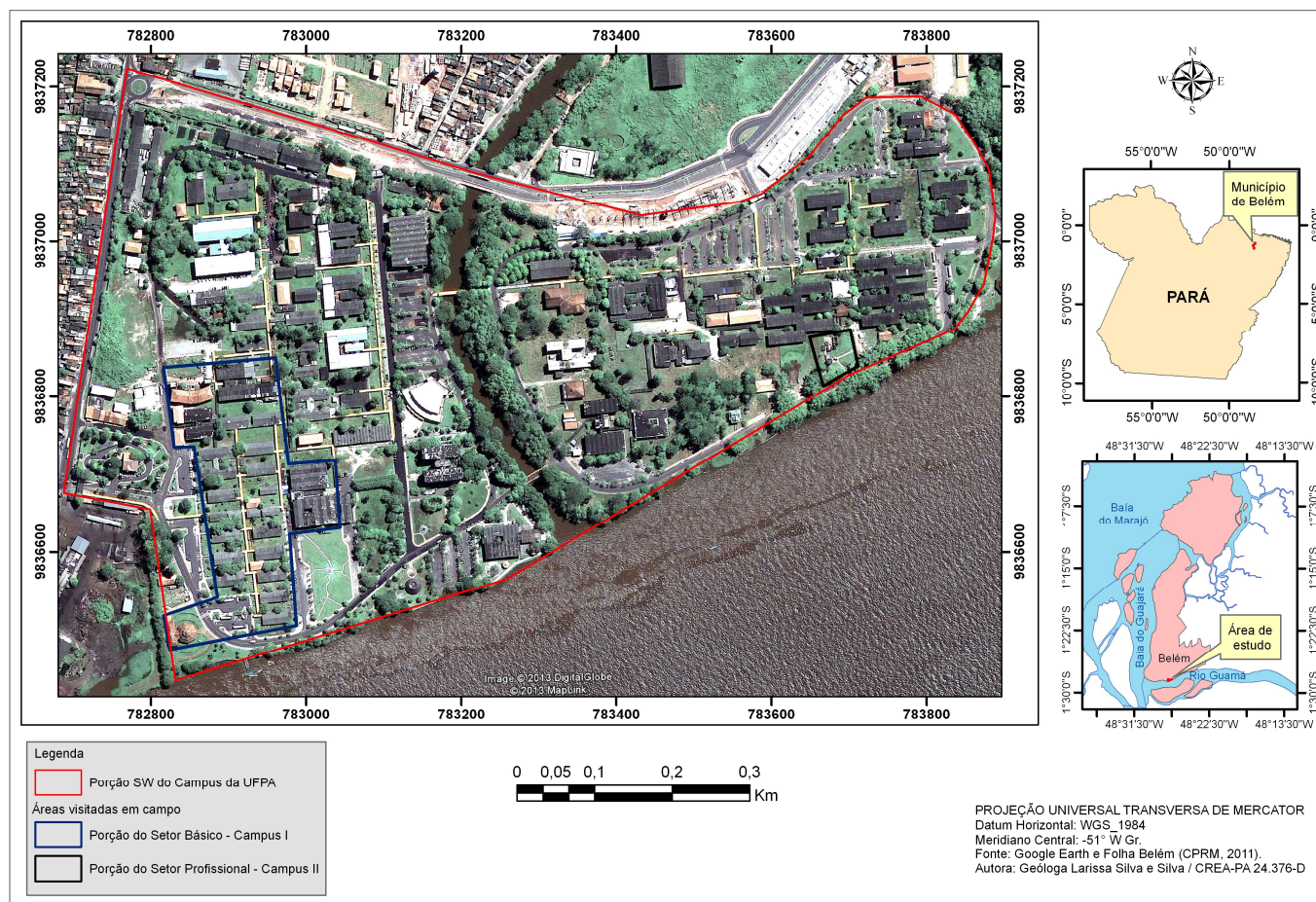
O principal objetivo desta pesquisa é caracterizar a qualidade das águas consumidas em bebedouros e dos poços na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto - UFPA e sua importância para o atendimento das demandas de água para a coletividade, classificando-as qualitativamente.

Como objetivos específicos, têm-se:

⇒ Caracterizar a qualidade de água consumida na Cidade Universitária, produzida pelo sistema de abastecimento, estabelecido após o tratamento realizado pela ETA implantada no Setor Profissional – Campus I da UFPA;

⇒ Avaliar qualitativamente as águas consumidas nos bebedouros baseando-se na Portaria nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde e as águas dos aquíferos Barreiras e Pirabas de acordo com as Resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº. 357/2005 e nº. 396/2008.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.



Fonte: Do autor.

1.3 Justificativa e relevância do tema

A apresentação de monografia de conclusão de curso é atividade obrigatória para a conclusão do curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental.

Na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto – UFPA, no Setor Básico foram selecionados doze (12) bebedouros, que distribuem água para consumo humano, os quais são abastecidos pelo sistema de captação/tratamento/distribuição administrado pela Prefeitura da Cidade Universitária. Esse número constitui-se amostra estatisticamente representativa dos bebedouros que servem ao Setor Básico.

A Cidade Universitária é frequentada por aproximadamente 25.000-30.000 pessoas dias, entre estudantes, professores, servidores, prestadores de serviço, visitantes em geral. Muitos deles utilizam a água desses bebedouros para consumo próprio e daí decorre a importância dessa proposta, a qual enfatiza a qualidade de água disponibilizada nos mesmos.

O estudo objetivou definir os aspectos qualitativos da água, tendo como fundamento a Portaria nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde. Ressalta-se que a cidade universitária, possui um sistema de produção e tratamento de água, capaz de suprir a demanda necessária para abastecer todos os setores da UFPA sem a necessidade de uso ou atendimento pela Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, visto que a UFPA utiliza em torno de 4% dessa água em algumas unidades da Cidade Universitária.

Os resultados provenientes deste estudo têm o propósito de também contribuir para a gestão da qualidade das águas, fornecida pelo sistema de produção da UFPA, possibilitando a geração de dados e informações para a comunidade técnica e gestores dos recursos hídricos, para a segurança qualitativa da água consumida no Setor Básico da Cidade Universitária, bem como estabelecer parâmetros de controle para um serviço de qualidade por parte da Prefeitura Universitária.

2 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos para a realização deste trabalho foram:

2.1 Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica constou do levantamento de dados e informações referentes à hidrogeologia, qualidade das águas, entre outros, relacionados à área de estudo, existentes em monografias, dissertações, teses, livros, periódicos e anais, como também de mapas temáticos, ajudando na elaboração do trabalho.

Foi realizada uma revisão e/ou síntese das propriedades físico-químicas analisadas para um melhor entendimento e compreensão da significação destas propriedades, que serão abordadas mais a frente no item sobre análise e interpretação dos resultados adquiridos.

- Potencial hidrogeniônico (pH):

O pH é a concentração do hidrogênio iônico na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio dos íons presentes, expressa em moles de íons de hidrogênio por litro de solução. O critério de classificação do pH da água é realizada da seguinte maneira: pH varia de 1 à 14, sendo neutro com valor 7, ácido quando inferior a 7 e alcalino, ou básico, com valores superiores a 7.

- Dureza:

A partir da concentração de cálcio e magnésio, expressa em teores de carbonato de cálcio, obtém-se a dureza da água, sendo demonstrada pela quantidade de sabão necessária para que se produza espuma (SANTOS, 2008).

De acordo com Baumgarten e Pozza (2001), as águas podem ser classificadas segundo seu grau de dureza total sendo: de 0 a 75 mg/L CaCO_3 - branda; 75 a 150 mg/L CaCO_3 - moderadamente dura; 150 a 300 mg/L CaCO_3 - dura; e 300 ou mais mg/L CaCO_3 - extremamente dura.

- Condutividade Elétrica (CE):

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica, apresentando uma relação direta com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Ela aumenta proporcionalmente com o aumento da quantidade de íons dissolvidos e da elevação da temperatura na qual a medida é realizada (SANTOS, op. cit.).

A mesma é um parâmetro importante na análise de águas subterrâneas, pois mede o grau de mineralização das águas (sugere o tipo de material que está em contato com a água) que, por sua vez, está diretamente associado aos padrões de potabilidade ao consumo humano, ou seja, fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade elétrica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CERETTA, 2004 apud PARANHOS, 2010).

▪ *Sólidos Totais Dissolvidos (STD):*

É o peso total dos constituintes minerais (iônicos) presentes na água, por unidade de volume, representando a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ele volátil ou não.

▪ *Turbidez:*

Segundo Cavalcante & Matta, (2012) essa representa uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (UNT, também denominadas de unidades de Jackson ou nefelométricas).

Este parâmetro é um exemplo amplamente utilizado nas estações de tratamento de água - ETA para o controle e o monitoramento operacional da remoção de material particulado.

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exige manobras operacionais, tais como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas ETAs. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro (CETESB, 1978).

▪ *Alcalinidade Total:*

A alcalinidade foi definida como a característica que consiste na capacidade das águas neutralizarem compostos ácidos, devido a presença de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-), quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, e outros) e, ocasionalmente, boratos, silicatos e fosfatos. É expressa em miligrama por litro de carbonato de cálcio equivalente. (NBR 9896/1993 apud PESSOAL UTFPR, 2009).

▪ Cloreto (Cl):

Altos teores de cloreto em águas subterrâneas são resultantes de ação antrópica como esgotos sanitários e resíduos industriais, uma vez que o contato que a água tem com as rochas não costuma influenciar nesse parâmetro (MATTA, 2002 apud PANTOJA Jr, 2012).

É um importante parâmetro a ser analisado em trabalhos de qualidade de água uma vez que influencia no sabor da água, torna-a mais dura e atrapalha o metabolismo de seres orgânicos. Além disso, gera corrosão de estruturas de metal e incrustação em tubos de revestimentos (PANTOJA Jr, op.cit.).

O cloreto está presente em quase todas as águas naturais. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100 mg/L (SANTOS, 2008).

A quantidade de cloretos na água pode elevar a condutividade elétrica e estar relacionada à salinidade da água.

▪ Fluoreto (F):

O fluoreto é a forma iônica do flúor. Como todos os demais halogênios, o flúor forma um íon de carga monovalente negativo (-1). O fluoreto (F⁻) forma um composto binário com outro elemento ou radical. Os exemplos de compostos comuns de fluoreto incluem ácido fluorídrico (HF) e fluoreto de sódio (NaF) (BABYLON, 2009).

O flúor é um elemento químico adicionado à água de abastecimento humano, pois auxilia na proteção dos dentes contra a cárie.

▪ Sulfato (SO₄²⁻):

Representam sais moderadamente solúveis a muito solúveis. Altas concentrações de sulfato na água podem causar gosto amargo e provocar efeitos laxativos, e na presença de íons de magnésio e sódio pode causar distúrbios gastrointestinais (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983 in SANTOS, 2000 apud SILVA, 2008). Problemas de corrosão em encanamentos na rede coletora também são frequentes devido à presença de altos níveis de sulfatos na água.

As águas subterrâneas geralmente apresentam teores de sulfatos inferiores a 100 mg/L, principalmente na forma de SO₄²⁻ e HSO₄⁻ (SILVA, op. cit.).

Os íons sulfato são largamente distribuídos na natureza e “podem estar presentes em águas naturais e em minerais, tais como mirabilita, tenardita, barita entre outros” (APHA, 1985).

▪ Ferro total:

O ferro pode estar presente com baixos teores em quase todas as águas, este ocorre sob diversas formas químicas associado ao manganês. O alto teor de ferro contido na água pode causar incrustações nas tubulações, nos filtros de poços, no sistema de bombeamento, além de

afetar a saúde humana. Ressalta-se que os outros fatores podem aumentar a ocorrência de incrustações, relacionados às características das tubulações e da água tratada, alguns destacam a natureza do tubo, o grau de impurezas e as características do revestimento interno. Entre as características físicas e químicas destacam-se o pH, a temperatura, o oxigênio dissolvido, o gás carbônico e a concentração de sais dissolvidos.

Tal parâmetro é um elemento quase sempre presente na maioria das águas subterrâneas e, particularmente, nas águas da região de Belém e Ananindeua, produzidas pelo sistema aquífero Barreiras.

A OMS e o Ministério da Saúde (Portaria nº. 2914/2011) estabelecem que o Fe possa estar presente na água com um valor limite de 0,3 mg/L da quantidade de ferro solúvel, para águas de consumo humano. A avaliação do ferro nas águas subterrâneas, para o consumo humano ocorre em função das suas propriedades organolépticas. Segundo Monmaney, (1992) apud SILVA, (2008), estudos recentes reavaliaram a ocorrência da intoxicação por ferro (hemocromatose), originada por distúrbios genéticos, e agravada pela ingestão de compostos de ferro, observando-se uma frequência de casos muito superior à suspeita da anteriormente.

▪ Sódio (Na^+):

O sódio é um dos metais alcalinos mais importantes e abundantes nas águas subterrâneas estando presente em todas as águas, predominando algumas características, como a ampla distribuição nos minerais fontes, baixa estabilidade química dos minerais que o contêm e solubilidade elevada e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução (SANTOS, 2008).

▪ Potássio (K^+):

O potássio é um dos metais que ocorre em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas, devido a sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila ou serem usados pelos vegetais. A presença de potássio é também muito importante para o consumo humano, pois regula os batimentos cardíacos, controla os impulsos nervosos e as contrações musculares. A sua ausência provoca fadiga, ausência de açúcar no sangue e insônia (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983 apud SILVA, 2008).

▪ Cálcio (Ca^{2+}):

O cálcio é o quinto elemento mais abundante no organismo. Constitui cerca de 1,5 a 2% do peso corpóreo - 99% do cálcio está nos ossos e dentes e o 1% restante está no sangue e líquidos extracelulares e dentro das células dos tecidos moles (EMEDIX, 2009).

O cálcio é considerado um dos elementos mais abundantes na maioria das águas e rochas, tem moderada a elevada solubilidade, sendo muito comum precipitar como carbonato de cálcio (CaCO_3) e é o principal responsável pela dureza da água (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983 apud SANTOS, 2008).

A concentração de cálcio tem a função de manter os ossos saudáveis, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar impulsos nervosos e as contrações musculares. Em grandes quantidades pode causar dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedras nos rins e sua ausência pode provocar raquitismo e osteoporose (SANTOS, op. cit.).

▪ Magnésio (Mg^{2+}):

O magnésio apresenta propriedades semelhantes à do cálcio, porém é mais solúvel e difícil de precipitar. Juntamente com o cálcio é o responsável pela dureza e produz gosto salobro nas águas.

O magnésio para o consumo humano tem a função de converter o açúcar em energia, além de ser necessário para o bom funcionamento dos nervos e músculos. Sua carência pode provocar nervosismo e tremores e em excesso pode provocar distúrbios intestinais.

▪ Amônio (NH_4^+):

Quando os decompositores começam a atuar sobre a matéria orgânica nitrogenada, como húmus, liberam diversos resíduos para o ambiente, entre eles a amônia (NH_3). Combinando-se com a água do solo, a amônia forma hidróxido de amônio que ao se ionizar produz o íon amônio (NH_4^+) e hidroxila, processo é denominado amonização (REZENDE, 2003).

A oxidação dos íons amônio produz nitrito, que por sua vez são liberados para o ambiente ou oxidados a nitrato (nitrificação) pela ação de bactérias nitrificantes. Portanto, o íon amônio é instável e indica contaminação recente.

▪ Nitrato (N-NO_3^-)

O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio que, em baixas concentrações, se encontra de forma natural na água e no solo (FOSTER; HIRATA, 1988). Porém, essas concentrações podem ser alteradas devido ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura e a coleta e disponibilização inadequada dos esgotos domésticos (ROSSI; MIRANDA; DUARTE, 2007).

O nitrato ocorre naturalmente em águas subterrâneas, entretanto, sua presença em concentrações elevadas é geralmente resultante da atividade antrópica, entre essas, se destacam principalmente a aplicação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos e a falta de

sistemas de saneamento *in situ*. As substâncias nitrogenadas dos fertilizantes e dos resíduos orgânicos são transformadas e oxidadas por reações químicas e biológicas e o resultado é a presença de nitrato no solo. Sendo o nitrato extremamente solúvel na água, move-se com facilidade e contamina a água subterrânea (BARBOSA, 2005 apud CAMPOS; ROHLFS, 2010).

O nitrato (NO_3^-) ou nitrogênio nítrico é o último estágio da oxidação do nitrogênio, este é produto da oxidação do nitrito, processo conhecido por nitrificação. Ou seja, ele representa a etapa final da oxidação da matéria orgânica provenientes de resíduos da atividade humana (esgotos sanitários e fossas sépticas).

A elevada concentração deste elemento pode causar câncer gástrico e outros males, sendo prejudicial ao homem (HILL et al., 1973 apud MATTA, 2002).

2.2 Cadastramento dos bebedouros / poços

Na área de estudo foram identificados e/ou cadastrados 15 pontos (Figura 3) em pesquisa de campo, dos quais se realizou análises laboratoriais após realização de coleta. Dentre estes, 12 bebedouros em funcionamento e 3 poços profundos, localizados nos setores básico e profissional (ETA) da Cidade Universitária, respectivamente.

2.3 Etapa de campo

Esta etapa de campo ocorreu no mês de Março de 2013, no qual foi realizada a coleta *in situ* para cada amostra d'água (bebedouros e poços), totalizando em 30 garrafas de polietileno, sendo 15 garrafas de 100 ml e 500 ml cada, para análises físico-químicas nos Laboratórios de Hidroquímica, Análises Químicas e Cromatografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (Figura 2).

Ressalta-se que foi realizada a coleta da água bruta nos poços, ou seja, sem tratamento, diretamente da boca do poço, aguardando-se um tempo, cerca de 20 minutos após o início do bombeamento, evitando-se coletar a água parada dentro da tubulação.

Durante a coleta as amostras foram conservadas em caixa de isopor com gelo. Para a localização destes pontos fez-se o uso do GPS (Etrex – GARMIN) com precisão de 10 m, e estes pontos foram plotados em mapa planialtimétrico na escala 1: 3.400 (Figura 3).

Antes do trabalho de campo, foi necessário o procedimento de esterilização das garrafas de polietileno para coleta, que foram lavadas com água natural e detergente, posteriormente passados no ácido de lavagem (5% de HCl), e por último, lavados com água destilada, evitando-se a contaminação da amostra.

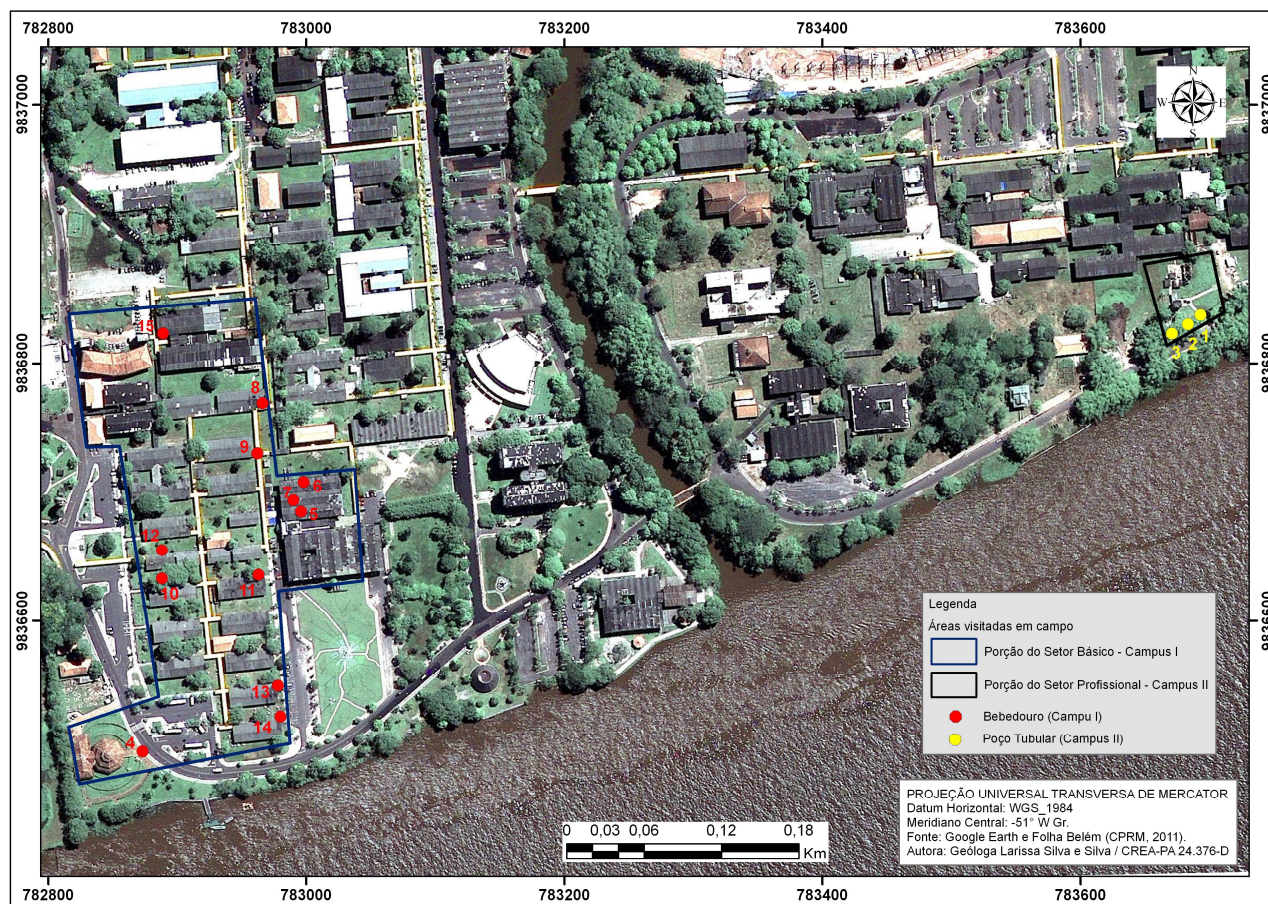
Figura 2: Procedimento de coleta d'água no Bebedouro do Bloco G (Setor Básico), localizado na Cidade Universitária (Março/2013).



Fonte: Do autor.

SILVA, L. S. 2014 - *Qualidade da Água Consumida em Bebedouros dos Setores Básico e Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto - UFPA, Belém – Pará.*

Figura 3: Mapa de localização dos pontos cadastrados na área de estudo na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.



Fonte: Do autor.

2.4 Laboratório/escritório

As análises físico-químicas foram realizadas nos Laboratórios do IG-UFPA, sendo analisados os seguintes íons e parâmetros: temperatura (°C), pH, dureza total (mg/L de CaCO₃), condutividade elétrica (µS/cm), sólidos totais dissolvidos (mg/L), turbidez (UNT), cloreto (mg/L), fluoreto (mg/L), sulfato (mg/L), ferro total (mg/L), sódio (mg/L), potássio (mg/L), cálcio (mg/L), magnésio (mg/L), amônio (mg/L), nitrato (mg/L) e alcalinidade total (mg/L).

Os parâmetros químicos foram analisados a partir da metodologia recomendada pela APHA Standart Methods (1995), CETESB (1978) e pelos padrões estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde (nº. 2914/2011), cujos procedimentos empregados foram:

O pH foi determinado pelo método eletrométrico utilizando-se o pHgâmetro de marca Schott Modelo Fieldlab pH.

A Condutividade Elétrica foi apurada utilizando-se o método condutivímetro de marca *SCHOTT*. A vidraria do equipamento foi lavada com água deionizada. Foi feito o ambiente (procedimento de lavagem da vidraria com a própria amostra) para cada uma delas nos respectivos recipientes e então se seguiu a medição, na qual, o eletrodo foi conectado ao condutivímetro, para após ser emerso na amostra e aguardou-se a estabilização dos valores amostrados no display para se realizar a leitura e anotação dos dados. Também, obteve-se o valor de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Temperatura (°C) para as amostras com o mesmo aparelho. Para a análise de Turbidez foi utilizado o Turbidímetro de marca *HACH 2100P*, onde as amostras foram homogeneizadas antes da leitura.

Para a Dureza usou-se o método titulométrico. Foi utilizado um erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL da amostra. A seguir foram adicionadas, nesta ordem, 2 mL de solução tampão de cloreto de amônia/hidróxido de amônia (NH₄OH-NH₄Cl) e o indicador negro de ericromo T (EBT). A análise foi determinada pela adição de uma solução de EDTA na amostra estando à mesma em repouso sobre um agitador magnético. Ca e Mg na presença de EBT reagem com este levando a solução a uma coloração violeta. A virada dá-se para a cor azul. Anotou-se o volume de EDTA gasto na bureta.

Cálculo da Dureza, form. (1):

$$D = \frac{(Vg) \times fc \times 1000 \text{ mg/L CaCO}_3}{V_a} \quad (1)$$

onde,

Vg = Volume gasto de EDTA para titular as amostras

fc = Fator de correção da solução de EDTA

Va = Volume da amostra titulada

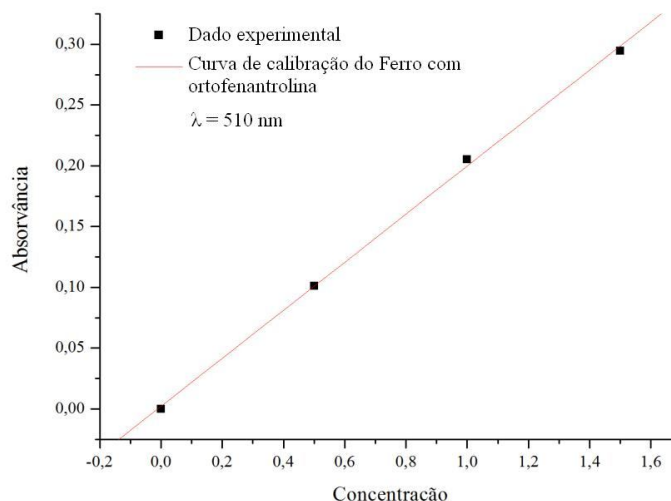
Os ânions (F^- , Cl^- , NO_3^- e SO_4^{2-}) e os cátions (Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+}) foram determinados por cromatografia líquida, com cromatógrafo de íons da marca Dionex Modelo DX-120. No procedimento pré-análise foi realizada a filtração de cerca de 100 mL das amostras com auxílio de bomba a vácuo elétrica e um Kitasato. A membrana filtrante utilizada foi de Ester de celulose, poro de 0,45 mm e diâmetro de 0,47 mm. Para cada amostra foram separadas duas partes filtradas. Uma para cátions e outra para ânions em vayos (pequenos tubos de polietileno com capacidade de 5ml). Para preservação das amostradas filtradas para cátions foi adicionado ácido nítrico (50%) até $pH < 2$. Para os ânions, as amostradas filtradas foram apenas refrigeradas e tiveram prioridade de análise no cromatógrafo.

O ferro total nas amostras foi determinado pelo método espectrofotométrico da ortofenantrolina. As medidas das absorbâncias foram efetuadas em $\lambda = 510$ nm, usando um espectrofotômetro marca *VARIAN 50 probe* e cubeta de 1 cm. Este método consiste na adição de solução de cloridrato de hidroxilamina como agente redutor do Fe^{3+} para Fe^{2+} , solução de citrato de sódio como regulador de pH e solução de ortofenantrolina, que reage com Fe^{2+} formando o complexo ortofenantrolina ferrosa de cor laranja avermelhada.

A curva de calibração foi preparada usando soluções padrões de Fe_2O_3 no intervalo de concentrações de 0 a 1,5 mg/L.

Na construção da curva de calibração do ferro foi utilizado o programa *ORIGIN 7* e com base no ajuste linear dos dados experimentais Absorbâncias versus concentrações dos padrões (Figura 4) foram obtidos os valores em mg/L de ferro para cada amostra.

Figura 4: Curva de calibração do ferro com obtenção da equação da reta $y = BX + A$, onde y = absorvância, $A = 0,00204$; $B = 0,19708$; $R = 0,99947$; $SD = 0,0058$.



Fonte: Do autor.

Na determinação da Alcalinidade Total foi empregado o método titulométrico por Indicadores. Foram utilizados dois erlenmeyer de 250 mL cada, sendo 1 com água deionizada (branco) e outro com a amostra. Na bureta foi utilizado o H_2SO_4 (0,02N) como titulante. Foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína e 3 gotas de metil orange (Indicadores), nesta ordem, no branco e amostras. A titulação é realizada com a adição graduada de ácido sulfúrico na amostra, estando a mesma em repouso sobre um agitador magnético. Aferiu-se o volume de ácido usado na bureta para realizar a análise e através da aplicação da form. (2) se obteve o valor da Alcalinidade Total, que é expressa por:

$$\text{mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{(V_a - V_b) \times fc \times 1000}{V} \text{ mg/L CaCO}_3 \quad (2)$$

onde,

V_a = Volume gasto de H_2SO_4 para titular as amostras

V_b = Volume gasto de H_2SO_4 para titular no branco

fc = Fator de correção da solução de H_2SO_4

V = Volume de amostra titulada

2.5 Tratamento e integração dos dados

A compilação, uniformização e integração dos dados geraram uma base para o desenvolvimento da monografia, construída através da utilização dos softwares *Excel* para elaboração das planilhas, tabelas e gráficos, e *ArcGIS 2010* para a confecção de mapa de distribuição dos bebedouros e poços.

2.6 Elaboração do texto final

Após as etapas anteriormente descritas, e a partir da integração dos dados, interpretação e geração de informações referentes ao estudo, foi realizada a redação da monografia, que é requisito obrigatório para a conclusão do Curso de Especialização em gestão Hídrica da Universidade Federal do Pará.

3 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

Os sistemas hidrogeológicos da região de Belém pertencem às unidades estratigráficas, da mais antiga para a mais nova, Pirabas, Barreiras e Cobertura Quaternária (Tabela 1). Esses sistemas estão razoavelmente estudados até uma profundidade em torno de 280 metros. Abaixo desta profundidade, as características hidrodinâmicas e as espessuras das camadas de sedimentos não são conhecidas. O gradiente hidráulico e a velocidade de escoamento das águas subterrâneas são pequenos devido ao relevo relativamente plano e a presença de sedimentos argilosos (KOURY, 2007).

Tabela 1: Principais características dos sistemas hidrogeológicos que ocorrem em Belém.

| SISTEMAS AQUÍFEROS | PROFUNDIDADE | VAZÃO | LITOLOGIA | OBSERVAÇÃO |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|--|---|
| Aluviões | Inferiores a 10 m | Ordem de 10 m ³ /h | Sedimentos recentes quartzosos com matéria orgânica; argila, silte e areia. | Aquíferos livres |
| Pós-Barreiras | Inferiores a 25 m | Inferiores a 5m ³ /h | Sedimentos areno-argilosos inconsolidado, quartzosos, siltico-argilosos com arenitos ferruginosos intercalados. | Aquíferos livres a semi-confinados. |
| Barreiras | Entre 25 a 90 m | Entre 10 a 80 m ³ /h | Arenitos de granulometria variada, mal selecionados, argilosos, intercalados a siltitos e argilitos de cores variadas, tendo-se ainda níveis de concreções ferruginosas. | Semi-livre a confinado. A unidade mais conhecida e explorada na área. Espessura em torno de 70 m. |
| Pirabas Superior | Entre 70 a 180 m | Ordem de 100 a 200 m ³ /h | Camadas de argilas calcíferas de cor cinza-esverdeada e leitos de calcário duro, de coloração cinza esbranquiçada que alternam com camadas de arenito clacífero, siltios e areias. | Aquíferos confinados. Espessura em torno de 80 m. |
| Pirabas Inferior | Entre 180 a 260 m | Até 600 m ³ /h | Arenitos de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina a conglomerática, com intercalações mais espessas de argilas e siltitos avermelhados. | Melhores aquíferos. Melhores qualidades da água. Pouco explorada na área. Alto custo em função da profundidade. |

Fonte: Adaptado de DIAS, (2013) apud MATTA, (2002).

De acordo com Palheta (2008), os pacotes sedimentares que acumulam água subterrânea na área de estudo são formadores de três sistemas aquíferos principais, são eles:

- **Barreiras**: esta unidade aquífera é a mais conhecida e explorada na RMB e corresponde aos sedimentos do Grupo Barreiras, com litotipos heterogêneos desde argilitos até arenitos grosseiros com níveis conglomeráticos situados em profundidades normalmente entre 25 a 90 m. Apresenta ainda níveis lateríticos e níveis argilosos caulinizados. Este sistema aquífero pode ocorrer do tipo semi livre a confinado. E quando afloram as rochas permoporosas desse sistema, a recarga se dá diretamente da precipitação pluviométrica, quando não, o suprimento de água vem a partir das camadas sobrepostas. São aquíferos com espessura máxima entre 70-80 m e disponibilizam vazões entre 15 e 80 m³/h, que

frequentemente apresentam teor de ferro fora do padrão recomendado pelo Ministério da Saúde, cujo valor máximo permitido é de 0,3 mg/L, no qual este valor excessivo produz nas águas o surgimento de ferro bactérias que causam paladar metálico, mancha em roupas e instalações sanitárias, incrustações nas bombas, nos filtros dos poços e nas canalizações.

- *Pirabas Superior*: essa unidade é composta pelos sedimentos marinhos, fossilíferos da Formação Pirabas. Há camadas de argilas carbonáticas de cor cinza-esverdeada e leitos de calcário duro, de coloração cinza esbranquiçada, que se alternam sucessivamente com camadas de arenito carbonático, siltitos e arenitos que o separa do Aquífero Pirabas Inferior, com profundidade geralmente a partir de 80 m até 180 m e vazões que variam entre 100 a 200 m³/h.

- *Pirabas Inferior*: essa unidade é composta, predominantemente, de camadas repetitivas de arenitos de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina a conglomerática, com intercalações mais espessas de argilas e siltitos. Ocorrem em profundidades abaixo de 180 m, com vazões em torno de 300m³/h ou maiores, boa potabilidade e teores de ferro baixíssimos ou mesmo ausentes na maioria das vezes.

As águas deste conjunto aquífero são de composição bicarbonatada cálcica, com pH na faixa de 7 - 7,5, STD variando de 242 a 383 mg/L e dureza total em média de 165 mg/L de CaCO₃.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a realização de todo e qualquer trabalho e/ou estudo é necessário que se compreenda os temas relevantes ao desenvolvimento do mesmo. E, portanto, neste estudo foram destacados: o ciclo hidrológico e qualidade das águas que serão descritos a seguir.

4.1 Ciclo hidrológico

A demanda por água subterrânea (representa 97% de toda a água doce disponível no planeta) vem aumentando em todo mundo, por apresentar baixo custo, fácil obtenção e excelente qualidade natural, e na maioria dos casos, dispensa tratamento se comparada com a água superficial. As águas subterrâneas fazem parte do ciclo hidrológico (Figura 5), não estando confinadas eternamente no subsolo. Elas fluem e acabam por alimentar os rios, lagos

e oceanos, voltando à superfície, evaporando-se e precipitando-se em forma de chuvas, que abastecerão novamente os aquíferos.

Os principais processos que alimentam as águas superficiais e subterrâneas no planeta Terra são: evaporação, transpiração, precipitação, escoamento superficial, infiltração e escoamento subterrâneo.

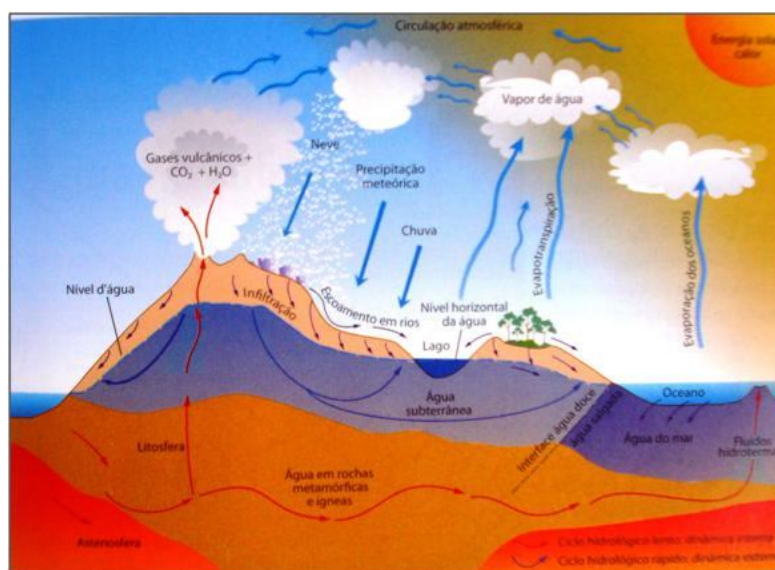
A origem de todos os nossos suprimentos de água potável se dá por meio da precipitação sobre a superfície da Terra, e dela depende a reposição da quantidade que é retirada dos lagos e outros cursos superficiais para os numerosos usos do homem.

A água infiltrada move-se através dos poros das rochas e junta-se à massa da água subterrânea, podendo eventualmente, reaparecer na superfície, em diferentes locais dependendo de diversos fatores que gerenciam os fluxos subterrâneos e suas interações com a superfície topográfica e as águas superficiais.

Os cursos de águas de escoamento superficial e as descargas naturais da água subterrânea, eventualmente, fazem essas águas retornarem ao oceano.

Assim, sucintamente o ciclo hidrológico é o sistema pelo qual a natureza faz a água circular dos oceanos para a atmosfera e retornar, superficial e subterraneamente, aos oceanos por diversos caminhos, curtos e/ou longos, considerando-se o tempo e o espaço.

Figura 5: Ciclo hidrológico.



Fonte: KARMANN, 2008.

4.2 Qualidade das águas

Quando utilizamos o termo "qualidade de água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características são estipuladas diferentes finalidades para o uso da água. Então, para ser considerada potável, a água destinada ao abastecimento da população humana deve atender à determinadas características de qualidade.

Além dos requisitos de qualidade, que traduzem de forma generalizada e conceitual a qualidade desejada para a água, há a necessidade de se estabelecer também padrões de qualidade, embasados por um suporte legal. Os padrões devem ser cumpridos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada. Da mesma forma que os requisitos, também os padrões são função do uso previsto para a água.

Na tabela 2 são apresentados os padrões adotados no Brasil, estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do MS, que utiliza como base os critérios adotados pela OMS.

Tabela 2: Padrões de potabilidade nacional e internacional das águas para consumo humano.

| | Parâmetro | Unidade | Fonte Referências | |
|--------------|-------------------|-----------|-------------------|---------|
| | | | 1 | 2 |
| I | Cor Aparente | Pt/L | 15 | 5 |
| | Odor | - | Inofensivo | N.O |
| | Sabor | - | Inofensivo | N.O |
| | Turbidez | UNT | 5 | 5 |
| | Temperatura | °C | - | - |
| | pH | - | 6,5 –8,5 | 6,0–9,5 |
| II | Arsênio | mg/L | 0,01 | 0,01 |
| | Bário | | 0,7 | 0,7 |
| | Cádmio | | 0,005 | 0,005 |
| | Chumbo | | 0,05 | 0,01 |
| | Cianetos | | 0,01 | 0,07 |
| | Cromo | | 0,05 | 0,05 |
| | Fluoretos | | 1,5 | 1,5 |
| | Merúrio | | 0,001 | 0,001 |
| | N-NO ₃ | | 10 | 10 |
| | Nitritos | | - | 1 |
| | Selênio | | 0,01 | 0,01 |
| | III | | Alumínio | mg/L |
| Surfactante | | - | 0,5 | |
| Cloretos | | 250 | 250 | |
| Cobre | | 1 | 2 | |
| Dureza Total | | 500 | 500 | |
| Ferro Total | | 0,3 | 0,3 | |
| Manganês | | 0,1 | 0,1 | |
| Sódio | | 200 | 200 | |
| STD | | 1000 | 1000 | |
| Sulfatos | | 400 | 250 | |
| Sulfeto de H | | N.D. | 0,1 | |
| Zinco | | 5 | 5 | |
| IV | Coliformes Fecais | Nº/100 mL | 0 | 0 |
| | Coliformes Totais | | 0 | 0 |

Fontes: SANTOS (2008, apud CPRM 2008)/Brasil e OMS (2011).

Notas:

I – Parâmetros físicos e organolépticos

II – Parâmetros químicos inorgânicos

III – Parâmetros químicos que afetam a qualidade organoléptica

IV – parâmetros microbiológicos

UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez

N.O. – Não objetável

1 – Organização Mundial de Saúde (OMS) - Recomendado.

2 – Portaria 2914 do Ministério da Saúde de 12/12/2011.

5 SISTEMA DE ABASTECIMENTO E OS BEBEDOUROS

▪ *Os poços:*

Os poços da área de estudo são poços tubulares. Ou seja, denominado “poço tubular” é aquele utilizado para captação de água subterrânea e que recebe, após a perfuração, um revestimento constituído por tubos (metálicos ou de PVC) com diâmetro geralmente inferior a 20”, onde os revestimentos são intercalados com filtros, cuja água é explotada por meio de bombas e/ou compressores.

Para se construir um poço é importante que se faça uma avaliação adequada do local (locação do poço) aonde o mesmo será construído, considerando-se os aspectos sócioeconômicos e hidrogeológicos. Posteriormente, define-se como será realizada a construção deste, ou seja, qual o método de perfuração a ser utilizado, quais os diâmetros de perfuração e do poço, qual o fluido de perfuração a ser utilizado, que tipo de perfilagem geofísica poderá ser utilizada para detalhar-se melhor o meio aquífero ou o poço, tipo de revestimentos e filtros, pré-filtro, cimentação, desenvolvimento, proteção sanitária e teste de produção. Respeitando-se tais condições de acordo com as normas da ABNT (NBR-12212/1992), evita-se a construção inadequada de poços com baixas vazões, entre outras desvantagens, uma vez que a construção do poço e as características do aquífero estão diretamente relacionadas com a produtividade do mesmo.

Os 3 poços cadastrados no Campus da UFPA estão em uso e funcionam regularmente. Suas águas são utilizadas principalmente para abastecimento humano, a exemplo do poço - ETA 3 (Figura 6).

Figura 6: Poço Tubular ETA 3, em uso. Localizado na Cidade Universitária da UFPA.



Os poços construídos devem obedecer às exigências de proteção, nas zonas de recarga e descarga dos aquíferos, tanto durante a construção como para a operação destes, caso contrário se tornam verdadeiros condutos direto de contaminantes para o aquífero.

Segundo as normas da ABNT (NBR-12244/1992), a forma adequada para proteção sanitária de poços exige que os mesmos possuam uma laje de proteção com declividade do centro para a borda, espessura mínima de 15 cm e área não inferior a 1,0 m². A coluna de tubos deve ficar saliente, no mínimo, 50 cm sobre a laje. Foi verificado em campo que somente o poço-ETA 2 das obras de captação, apresentou a laje de proteção de acordo com as normas da ABNT (NB-12244/1992), e que os três poços não apresentam condições adequadas de proteção, ou seja, preservação e manutenção ao seu redor (Figuras 7 A e B / 8 A e B).

Os dados e informações adquiridos junto a Prefeitura do Campus da UFPA e Silva, (2012) mostra que a construção dos poços na área deu-se nas décadas de 1970 e 1980. E atualmente, na ETA estão localizados 3 poços construídos a partir de 2000 em função da necessidade de suprir a demanda por água no Campus, em virtude do seu desenvolvimento como todo.

Figura 7 A e B: Poço Tubular ETA 2, em uso, com más condições de preservação. Na Foto B, detalhe interno do tubo de revestimento, mostrando a precariedade das condições técnicas (Março/2013).



Fonte: Do autor.

Figura 8 A e B: Poço Tubular ETA 1, em uso, com revestimento de ferro galvanizado, ressalta-se que este não é o modo correto de tampar um poço. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013).



Fonte: Do autor.

Os poços cadastrados são considerados poços profundos (ETA 1 e 3) e poço medianamente profundo (ETA 2) quanto a sua profundidade (Tabela 3).

A vazão representa o volume de água que sai, ou é bombeada, do poço em determinado tempo, dentre os poços o da ETA 3 é o que possui maior volume de água destinado aos pontos de consumo no Campus da UFPA cuja vazão é de 200 m³/h.

O nível estático (NE) é a medida da distância do nível de água subterrânea à superfície e, no poço, é aquela que não sofre efeitos de bombeamento. Enquanto, o nível dinâmico (ND) é definido como a distância do nível da água subterrânea à superfície observado durante o bombeamento. Foi obtido somente o dado de nível estático e nível dinâmico para o poço 3, sendo os valores de 9,05 m e 17,6 m, respectivamente.

Quanto ao revestimento dos poços, foi verificado que os três são revestidos de ferro galvanizado (Figura 8 A e B) (CENTENO Jr, 2009). O revestimento é a tubulação sem ranhuras (filtro) do poço, com o objetivo, dentre outros, de sustentar as paredes da formação litológica. O revestimento também é empregado para impedir a drenagem de água superficial ou de água poluída de aquíferos, que possam contaminar o interior do poço.

As rochas sedimentares possuem baixa coesão possuindo, no geral, porosidade clástica primária e esta característica faz com que a água seja transmitida através da intercomunicação entre os espaços vazios ao longo de um gradiente hidráulico, (permeabilidade) e armazenada (porosidade). Os poços devem ser totalmente revestidos com tubos de revestimento e filtros, para ocorrer à transmissão de água para dentro do poço.

O diâmetro do revestimento ou da perfuração do poço está intimamente associado a fatores como tipo de filtro escolhido (com maior ou menor porcentagem de área aberta) e diâmetro da bomba, que depende do volume de água a ser bombeado devendo, ainda, ser duas vezes o diâmetro nominal do corpo da bomba utilizada (para diminuir perdas por fricção e aumentar a eficiência da bomba) (CARDOSO, 2006 apud SILVA, 2011).

Ressalta-se que a escolha do diâmetro adequado é importante porque afeta significativamente o custo da estrutura. O diâmetro do poço pode ou não ser o mesmo desde a superfície até o final do poço, influenciando na sua produção, mas não em razão constante e, inclusive, pode ser diminuído abaixo da câmara de bombeamento. Como no caso, dos poços cadastrados que possuem diâmetros do revestimento conforme mostra a tabela 3.

O tipo de Sistema de Bombeamento para os poços é bomba submersa (CENTENO Jr, 2012). Essa bomba é o tipo ideal e de maior rendimento para poços de qualquer profundidade. O conjunto moto-bomba é instalado dentro do poço, submerso em alguns metros abaixo do nível dinâmico, funciona silenciosamente e requer pouquíssima manutenção quando bem especificado e corretamente instalado, e requer a existência de energia elétrica trifásica.

Tabela 3: Cadastro das informações sobre os poços da Cidade Universitária.

| Nº do poço | Local | Aquífero | Prof. (m) | Q (m ³ /h) | Diâm. de Revest. | Tipo de Revest. | Sistema de Bomb. | Bomba | Data da Construção |
|------------|-------|---------------------|-----------|-----------------------|------------------|-----------------|------------------|-------|--------------------|
| 1 | ETA 1 | Pirabas | 180 | 97,4 | 12" → 8" | Ferro | Submersa | 60 cv | abril/2003 |
| 2 | ETA 2 | Pirabas | 165 | 59,9 | 8" → 6" | Ferro | Submersa | 20 cv | maio/2002 |
| 3 | ETA 3 | Barreiras e Pirabas | 250 | 200 | 12" → 8" | Ferro | Submersa | 60 cv | abril/2009 |

Fonte: Prefeitura do Campus da UFPA.

Legenda: Prof. = profundidade; Diâm. = diâmetro; Revest. = revestimento; Bomb. = bombeamento.

▪ *O tratamento de água:*

De acordo com Silva (2012), na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto o tratamento da água bruta é composto pela captação de água subterrânea, Estação de Tratamento de Água Simplificado (Aeração, Filtração e Desinfecção), reservatório e rede de distribuição. Tais processos de tratamento de água são descritos a seguir e mostrados na figura 10:

▪ Captação: essa tem por finalidade criar condições para que a água seja retirada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e em qualidade tal que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível. É, portanto, a unidade de extremidade de montante do sistema. Chama-se de manancial abastecedor a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a demanda. No presente estudo, os poços da ETA são os mananciais.

▪ Aeração Ou Arejamento: este consiste em colocar a água em contato estreito com uma fase gasosa (geralmente o ar) para transferir substâncias solúveis do ar para a água, aumentando seus teores de oxigênio e nitrogênio, e substâncias voláteis da água para o ar, permitindo a remoção do gás carbônico em excesso, do gás sulfídrico, do cloro, metano e substâncias aromáticas voláteis, assim como, proporcionar a oxidação e precipitação de compostos indesejáveis, tais como ferro e manganês. A aeração pode ser por gravidade, aspersão, difusão de ar ou forçada. A figura 9 mostra um aerador tipo bandeja da ETA-UFPA.

▪ Filtração: é um processo físico em que a água atravessa um leito filtrante, um meio granular poroso, em geral constituído de camadas de areia ou areia e carvão, de modo que partículas em suspensão sejam retidas produzindo um efluente mais limpo. Conforme, informação da Prefeitura do campus se utiliza a filtração rápida. Nesta, aproximadamente cinquenta a sessenta por cento das impurezas ficam retidas no decantador. A água com o restante das impurezas, flocos mais leves e partículas não floculadas, sai dos decantadores e segue para o processo de filtragem, para retirada desse restante das impurezas. Nesta fase os filtros rápidos tornam-se unidades essenciais em uma estação convencional, e por isso exigem cuidadosa operação. Eles constituem uma "barreira sanitária" importante, podendo reter microrganismos patogênicos que resistem a outros processos de tratamento (Figura 9).

Na ETA da UFPA durante a madrugada é realizada a retrolavagem nos filtros de areia, visto que à medida que o filtro vai funcionando acumula impurezas entre os interstícios do leito filtrante, aumentando progressivamente a perda de carga e redução na sua capacidade de filtração. Sendo utilizado o volume do reservatório elevado do Setor Profissional para a retrolavagem, diminuindo assim o volume de água no reservatório. Na qual, a água utilizada para lavagem dos filtros é um resíduo do tratamento de água, que também deve passar por processos de tratamento antes da sua destinação final. Após a filtração, a água é encaminhada para a etapa de desinfecção e caso necessário correção de pH.

▪ Desinfecção: tem por finalidade a eliminação de microrganismos patogênicos ou não presentes na água. As principais técnicas empregadas são a cloração, ozonização e a exposição da água à radiação ultravioleta. Então assim, ela está própria para o consumo,

garantindo a inexistência de bactérias e partículas nocivas à saúde humana, que poderiam provocar surtos de epidemias, como de cólera ou de tifo.

Figura 9: Aerador tipo bandeja de desferrização e Filtros da ETA. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013).



Fonte: Do autor.

▪ **O armazenamento (reservas):**

A capacidade de armazenamento é de 360 m³ (2 Cisternas-180 m³) e nos reservatórios elevados a capacidade é de 160 m³ (2 Reservatórios-80 m³), onde estão localizados um de cada nos Setores Básico e Profissional.

Silva (2012), apresentou a média mensal de 84.211,23 m³ e a média anual de 1.010.534,76 m³ do volume de água produzido na ETA-UFPA referente ao período de setembro/2011 a fevereiro/2012.

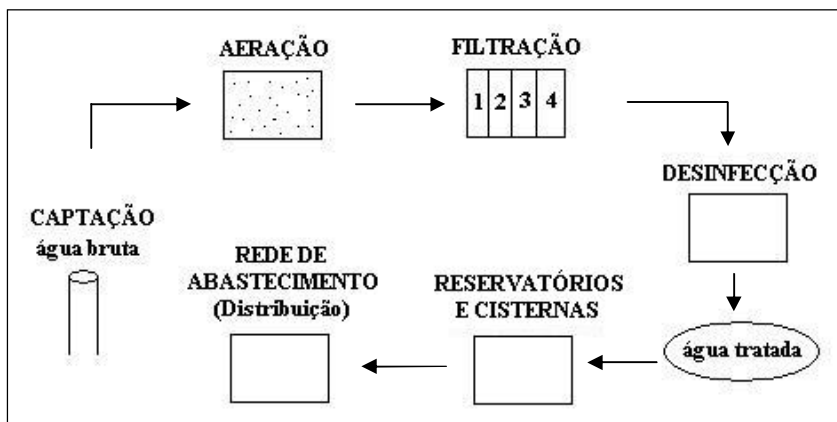
▪ **A distribuição:**

De acordo com a Prefeitura do Campus, o poço da ETA 3 é o mais utilizado durante o dia e, portanto, é o principal responsável pelo fornecimento de água para abastecimento dos Setores Básico, Profissional, Esportivo e da Saúde.

É essencial o monitoramento da qualidade das águas em laboratórios, durante todo o processo de produção e distribuição, onde estes valores devem estar em conformidade com o que é estabelecido na Portaria n°. 2914/2011 do Ministério da Saúde. Sendo, o ponto mais crítico do processo de tratamento de água, a distribuição e o transporte, visto que, se um reservatório estiver em mau estado de conservação ou as tubulações enferrujadas a qualidade

da água estará seriamente afetada. Por isso, é necessário que seja realizada a manutenção constantemente, para que estes não sejam uma possível fonte de contaminação da água que é consumida no Campus.

Figura 10: Esquema do Tratamento de Água da Cidade Universitária da UFPA.



Fonte: Do autor.

▪ **Bebedouros:**

Com relação aos bebedouros cadastrados no Campus, foi observado que todos estavam em uso. Segundo a ABNT (NBR-13972/1997), estes podem ser classificados como tipo:

1. Bebedouro de água sob pressão do tipo torneira: utiliza uma torneira ou outro meio similar adequado para encher copos ou xícaras ou outros recipientes similares (Figura 11 A e B).

2. Bebedouro de água estacionário: de posicionamento livre para ser colocado próximo a uma parede (Figura 11 A).

3. Bebedouro de água de refeitório: bebedouro sob pressão para uso em refeitórios e restaurantes para distribuir a água potável rapidamente em copo ou jarras ou recipientes similares (Figura 11 B).

Figura 11: A) Bebedouro de classificação tipo 1 e/ou 2 da Biblioteca Central (BCm) e B) Bebedouro do RU classificado em tipo 1 e/ou 3, em uso. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013).



Fonte: Do autor.

Foi observado que todos os bebedouros estão conectados a rede de abastecimento de água da Cidade Universitária, e também que estes possuem filtro no próprio equipamento, localizados na parte externa deste (Figuras 12 e 13 A). Segundo informações obtidas junto à Prefeitura do Campus os filtros são trocados a cada 8 meses, período de ocorrência da manutenção dos mesmos, porém de acordo com os fabricantes a vida útil do filtro e/ou elemento filtrante é de no máximo 6 meses.

Figura 12: Bebedouro do Bloco B, em uso. Com filtro externo. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013).



Fonte: Do autor.

Figura 13: Bebedouro do Bloco O, em uso. Na Figura A, detalhe para o filtro com prazo de validade possivelmente vencido. E em B, detalhe dos resíduos sólidos despejados pelo usuário. Localizado na Cidade Universitária da UFPA (Março/2013).



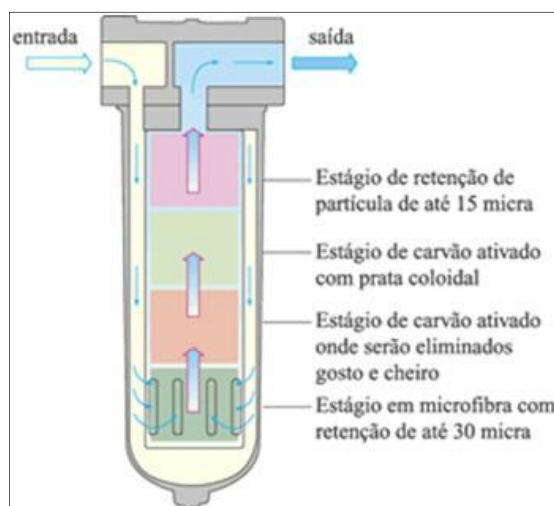
Fonte: Do autor.

A figura 14 mostra os sistemas de filtragem e purificação para a água previamente tratada dos bebedouros analisados na Cidade Universitária, de acordo com os fabricantes. Este é um sistema simples, porém existem outros mais detalhados, com três estágios de carvão ativado.

Na constituição destes sistemas são utilizados elementos naturais como a dolomita e o quartzo que filtram as impurezas sólidas. O carvão ativado adsorve o cloro, retira efeitos como odores e sabores desagradáveis, além de reduzir a turbidez, substâncias químicas e orgânicas. Enquanto, o carvão ativado impregnado com prata coloidal inibe a reprodução de microorganismos. A dolomita libera cálcio e magnésio (combinados ou separados), benéficos ao organismo.

Os elementos são distribuídos em câmaras verticais de filtragem e purificação (Figura 14), subdivididas em camadas com granulometrias decrescentes. E, um disco microtexturizado possibilita a saída de água cristalina, pura e saudável.

Figura 14: Modelo do mecanismo interno de filtragem e purificação segundo fabricantes dos filtros externos encontrados nos bebedouros analisados na Cidade Universitária.



Fonte: Imagem extraída do site Ricozon¹

Destaca-se assim, a importância da utilização de filtros de boa qualidade e condições de uso, respeitando-se o prazo de validade destes conforme o fabricante. Pois, a não conformidade dos prazos elimina a utilidade dos filtros, que passam a representar riscos para saúde.

¹ Endereço eletrônico da imagem
http://www.ricozon.com.br/filtros_pressao.htm

Os resíduos sólidos despejados pelo próprio usuário representam uma das fontes de poluição na área, a exemplos da presença de papel de bombom, colher de plástico e guardanapo jogados na parte superior do bebedouro (Figura 13 B), fora os mais variados tipos de resíduos e restos de matéria orgânica que são dispostos aleatoriamente no Campus.

6 Resultados e discussões

6.1 Qualidade das Águas no Campus da UFPA – Belém-PA

Na captação de água subterrânea através de poços não é importante apenas o aspecto da quantidade, isto é, a vazão a ser obtida, a qualidade da água subterrânea é outro fator a ser considerado, tendo em vista o uso proposto para a água a ser captada, que pode ser, por exemplo, para o abastecimento humano ou irrigação.

A qualidade das águas subterrâneas é definida pelas suas características físicas, químicas e biológicas. A partir dos valores das concentrações encontrados para cada um destes parâmetros, é possível estabelecer os diferentes usos. Logo, se torna importante à realização de uma caracterização qualitativa das águas subterrâneas em uma área de estudo.

No Brasil, a Portaria nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. E as Resoluções do CONAMA nº. 357/2005 e nº. 396/2008 dispõem sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

As coletas realizadas em 12 bebedouros do Setor Básico e 3 poços tubulares do Setor Profissional no Campus da UFPA, totalizaram 15 amostras.

Os resultados das análises e a localização destes pontos amostrados são apresentados na tabela 4 e figura 15.

Tabela 4: Pontos amostrados na área do Campus da UFPA.

| Ponto | Local | Tipo | Latitude | Longitude |
|-------|----------|--------------|----------|-----------|
| 1 | ETA 1 | Poço Tubular | 9836837 | 783693 |
| 2 | ETA 2 | Poço Tubular | 9836825 | 783674 |
| 3 | ETA 3 | Poço Tubular | 9836825 | 783674 |
| 4 | RU | Bebedouro | 9836499 | 782873 |
| 5 | BCf | Bebedouro | 9836685 | 782996 |
| 6 | BCm | Bebedouro | 9836708 | 782998 |
| 7 | BC1 | Bebedouro | 9836694 | 782990 |
| 8 | Bl Pb/Qb | Bebedouro | 9836769 | 782966 |
| 9 | Bloco O | Bebedouro | 9836730 | 782962 |
| 10 | Bloco G | Bebedouro | 9836633 | 782888 |
| 11 | Bloco H | Bebedouro | 9836636 | 782963 |
| 12 | Bloco I | Bebedouro | 9836655 | 782888 |
| 13 | Bloco B | Bebedouro | 9836550 | 782978 |
| 14 | Bloco A | Bebedouro | 9836526 | 782980 |
| 15 | Bloco IG | Bebedouro | 9836823 | 782889 |

Fonte: Do autor.

6.2 Análise e interpretação

Os resultados das propriedades físico-químicas para as 15 análises das águas foram individualizados em dois grupos distintos: poços e bebedouros, que serão discutidos a seguir:

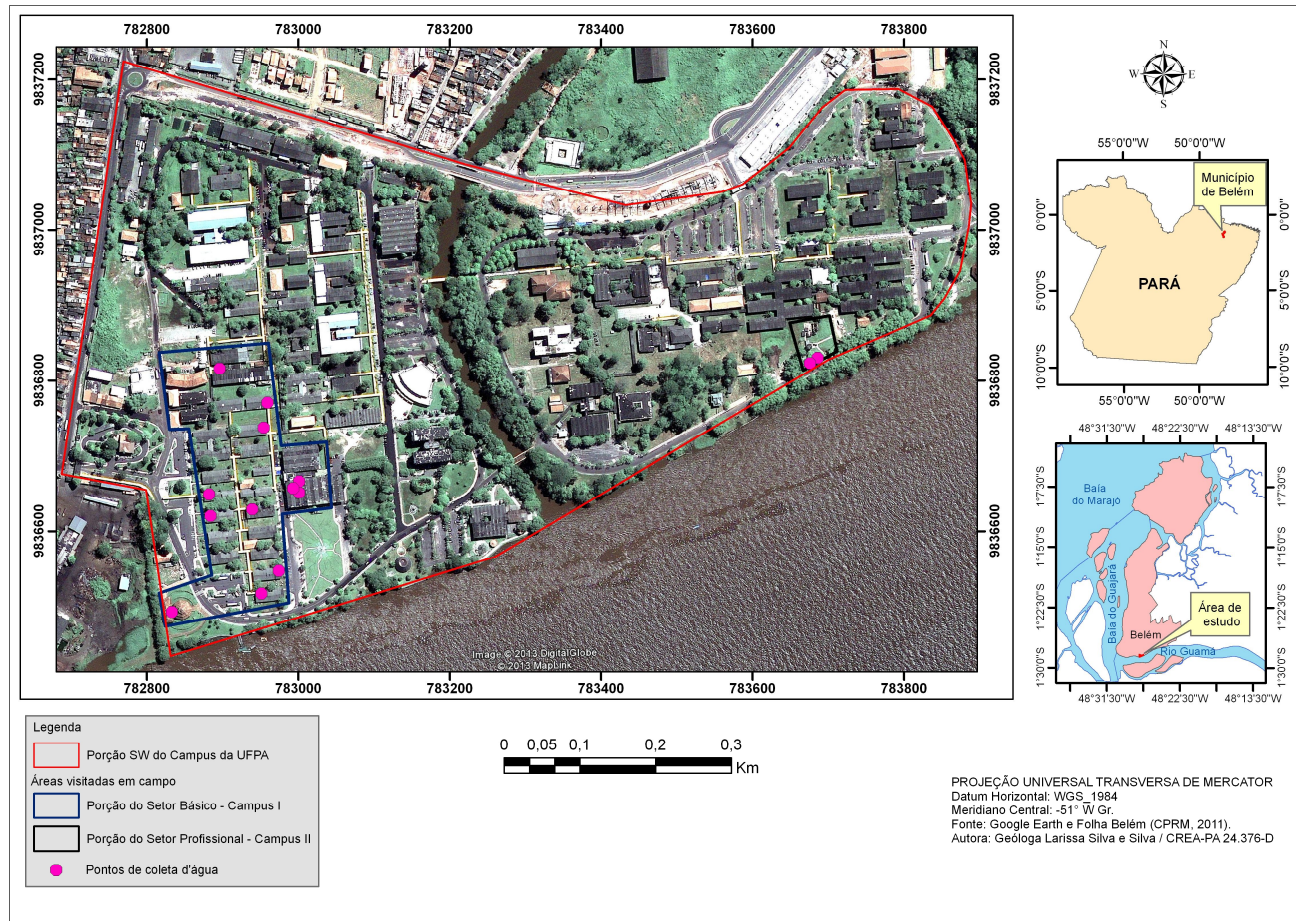
▪ Poços

Os valores dos parâmetros físico-químicos das águas dos poços são apresentados na Tabela 5. Esses parâmetros físico-químicos analisados refletem os processos químicos e/ou bioquímicos que ocorrem nos aquíferos. Da análise de cada um dos parâmetros físico-químicos para as 3 amostras observou-se que:

Os valores de pH dos poços (ETA 1 e ETA 3) apresentam águas com características ácidas. Enquanto, o poço da ETA 2 (água levemente alcalina). E tais valores estão dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº. 2914/2011 do MS, que considera um intervalo para consumo humano na faixa de 6,0 a 9,5.

SILVA, L. S. 2013 - *Qualidade da Água Consumida em parte dos Setores Básico e Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto - UFPA, Belém – Pará.*

Figura 15: Mapa de localização dos pontos de amostragem para análise da qualidade de água na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.



Fonte: Do autor.

Os valores dos poços (ETA 1 e 3) refletem a disponibilidade de H⁺ no aquífero Barreiras, principalmente na forma de Ácido Silícico ($2\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + 9\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + 2\text{Na}^+ + 2\text{HCO}_3^- + 4\text{H}_4\text{SiO}_4$), no caso do poço (ETA 2) os valores mais elevados de pH são influenciados pela presença de bicarbonato oriundo da dissolução da rochas carbonáticas no aquífero Pirabas ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$).

Tabela 5: Valores obtidos nas análises de água dos poços na área de estudo.

| Amostras | Local de coleta | Temp. °C | pH | C. E (µS/cm) | Turbidez (UNT) | Concentração em mg/L | | | | | | | |
|----------|-----------------|----------|-----|--------------|----------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | | | | | STD | Dureza (CaCO ₃) | Alcalinidade Total | Ferro Total | Sódio (Na ⁺) | Potássio (K ⁺) | Cálcio (Ca ⁺²) | Magnésio (Mg ⁺²) |
| 1 | ETA 1 | 24,2 | 6,7 | 312 | 25,3 | 236 | 136,93 | 125,40 | 2,6 | 10,99 | 3,99 | 24,57 | 4,51 |
| 2 | ETA 2 | 24,3 | 7,1 | 327 | 10,8 | 259 | 214,70 | 185,90 | 1,2 | 4,04 | 3,15 | 34,39 | 6,03 |
| 3 | ETA 3 | 24,1 | 6,5 | 256 | 7,1 | 202 | 120,23 | 121,00 | 5,9 | 4,03 | 3,45 | 36,44 | 6,33 |

Fonte: Do autor.

Legenda: pH = potencial hidrogeniônico; STD = Sólidos Totais Dissolvidos.

OBS: As unidades estão apresentadas em mg/L, com exceção da CE em (µS/cm a 25°).

A concentração de dureza nas águas dos poços não ocasiona nenhum problema para o consumo humano, pois estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº. 2914/2011 do MS, que é de até 500 mg/L de CaCO₃. E de acordo, com Baumgarten e Pozza (2001), as águas dos poços são classificadas como: “Moderadamente Dura” - 75 a 150 mg/L CaCO₃ e “Dura” - 150 a 300 mg/L CaCO₃ (Tabela 5).

As águas amostradas apresentam valores de condutividade elétrica (CE) variando entre 256 µS/cm e 327 µS/cm, e STD de 202 a 259 mg/L, respectivamente poço da ETA 3 e ETA 2. Observando que, o STD das águas dos poços encontra-se dentro do padrão de aceitação para o consumo humano, segundo a Portaria nº. 2914/2011 do MS, que admite um valor máximo permissível (VMP) de STD de 1.000 mg/L nas águas.

De acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005, estas águas são classificadas como doce, ou seja, águas com salinidade igual ou inferior a 500 mg/L.

Ressalta-se que essa Portaria do MS não estabelece VMP para a CE, todavia, na prática, pode ser correlacionável a concentração de STD. Os valores considerados mais baixos da condutividade elétrica devem-se às pequenas concentrações dos constituintes em solução.

As características físico-químicas da água proveniente do aquífero Barreiras apresenta baixos teores dos constituintes dissolvidos, devido a natureza do material geológico,

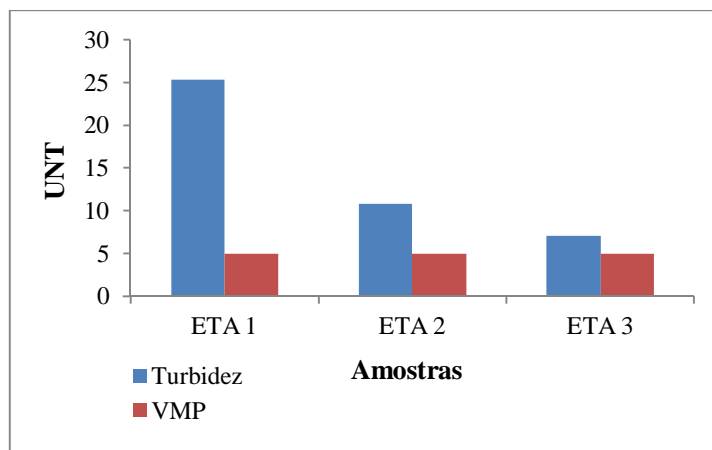
constituído por sedimentos clásticos de origem continental, através do qual a água subterrânea circula e também da elevada pluviosidade, característica de clima equatorial tropical úmido dessa região.

Todos os poços apresentam valores acima do VMP de turbidez, admitido pela Portaria nº. 2914/2011 do MS e pela OMS que é de 5 UNT (Tabela 5 e Figura 16).

Os valores elevados de turbidez para os poços podem ser devido principalmente, a presença de ferro na água.

A turbidez nas águas subterrâneas, em regime de fluxo laminar, é causada pela presença de diferentes materiais sólidos em suspensão, principalmente silte, argila, coloides, matéria orgânica e produtos de decomposição de rochas, que retiram o aspecto cristalino da água, deixando-a com uma aparência túrbida e opaca. Quanto mais alto o valor da turbidez, maior a dificuldade de penetração de luz no corpo d'água (CAVALCANTE e MATTA, 2012).

Figura 16: Distribuição dos valores de Turbidez para as águas dos poços na área de estudo.



Fonte: Do autor.

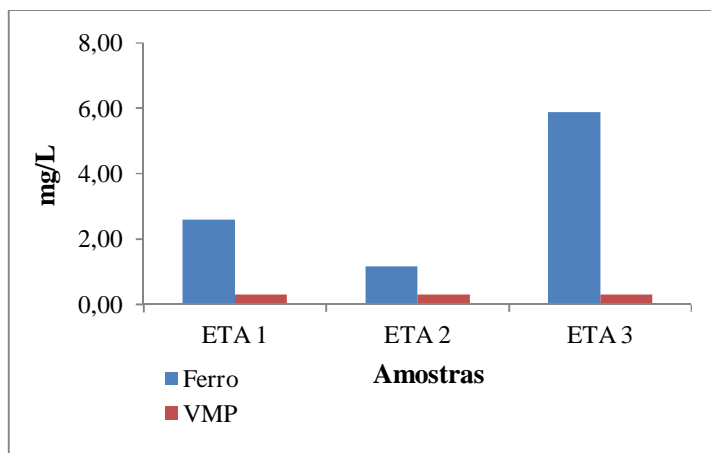
Os teores de alcalinidade variam entre os limites de 121,0 mg/L (ETA 3) a 185,90 mg/L (ETA 2). A Portaria nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde não estabelece valor máximo permissível para esse elemento.

A concentração de Fe nas águas dos poços variam de 1,2 a 5,9 mg/L. Estes valores estão acima do máximo permitido (0,3 mg/L), segundo a Portaria nº. 2914/2011 do MS (Figura 17).

No processo de bombeamento para se captar a água do poço, as partículas de ferro presente em solução nas águas subterrâneas apresentam o ferro no estado ferroso (Fe^{+2}), que é instável na presença de oxigênio do ar, mudando para o estado férrico (Fe^{+3}), ao serem suspensas durante tal processo, levando-se em conta a modificação de um ambiente redutor

por um oxidante, pode também ocorrer à precipitação do ferro e consequentemente a incrustação deste na parte interna da tubulação. E estes teores elevados de ferro podem estar associados à variação da composição litológica das unidades do sistema Barreiras.

Figura 17: Concentração dos valores de Ferro total para as águas dos poços na área de estudo.



Fonte: Do autor.

Os cátions obtidos para as águas amostradas foram: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Sendo o sódio entre estes elementos, o único com valor limite (200 mg/L) para consumo humano conforme, a Portaria nº. 2914/2011 do MS. Observando, que as concentrações deste elemento são muito baixas nos poços e, portanto dentro do limite permitido.

Ressaltar-se que o Ministério da Saúde não estabelece um limite permissível para o restante dos parâmetros citados acima.

▪ Bebedouros

Os valores dos parâmetros físico-químicos das águas dos bebedouros são apresentados na Tabela 6. Da análise de cada um dos parâmetros físico-químicos para as 12 amostras verificou-se que:

Nas águas amostradas a variação de pH foi de 6,6 (Bloco O) a 8,3 (Bloco G), com média de 7,8 observando que a maioria encontra-se na faixa das águas alcalinas ou básicas e dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº. 2914/2011 do MS, que considera um intervalo para consumo humano na faixa de 6,0 a 9,5 (Figura 18).

Os valores de pH determinados em laboratório, sofrem alteração. Em geral isso ocorre em função da fuga de gases, oxidações e/ou reduções e variações de temperatura, a que estão sujeitas as amostras de água durante a coleta, armazenamento e transporte (SANTOS, 2008).

Tabela 6: Valores obtidos nas análises de água dos bebedouros na área de estudo.

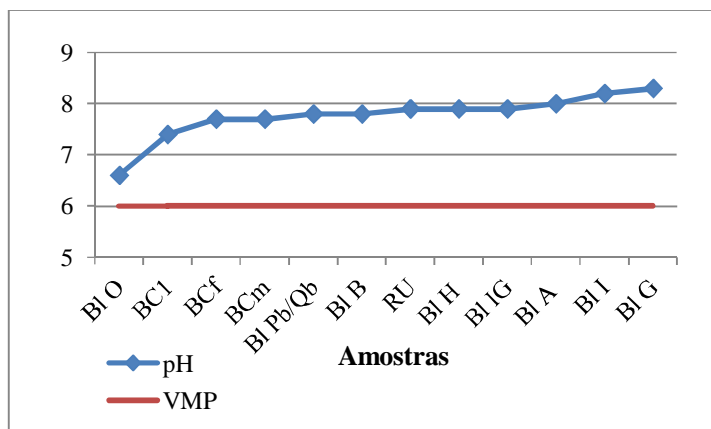
| Amostras | Local de coleta | Temp. °C | pH | C. E (µS/cm) | Turbidez (UNT) | Concentração em mg/L | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------|----------|-----|--------------|----------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|---|--|-------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------------|
| | | | | | | STD | Dureza (CaCO ₃) | Alcalinidade Total | Fluoreto (F ⁻) | Cloreto (Cl ⁻) | Nitrato (N-NO ₃ ⁻) | Sulfato (SO ₄ ⁻²) | Ferro Total | Sódio (Na ⁺) | Potássio (K ⁺) | Cálcio (Ca ⁺²) | Amônio (NH ₄ ⁺) | Magnésio (Mg ⁺²) |
| 9 | Bloco O | 23,9 | 6,6 | 344 | 0,5 | 271 | 181,30 | 150,70 | 0,07 | 19,87 | 0 | 12,03 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 18,82 | 0,14 |
| 7 | BC1 | 24,2 | 7,4 | 300 | 6,2 | 245 | 156,49 | 146,30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 | 7,10 | 3,10 | 26,28 | 0 | 5,18 |
| 5 | BCf | 24,2 | 7,7 | 324 | 17,2 | 300 | 160,31 | 146,30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,7 | 8,85 | 3,68 | 27,13 | 0 | 4,92 |
| 6 | BCm | 24,6 | 7,7 | 300 | 6,2 | 246 | 130,25 | 140,80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 8,93 | 3,47 | 24,50 | 0 | 4,25 |
| 8 | BI Pb/Qb | 24,6 | 7,8 | 306 | 0,6 | 254 | 133,59 | 147,40 | 0 | 16,71 | 0,22 | 11,71 | 0,1 | 0,29 | 0 | 0,41 | 15,04 | 0,18 |
| 13 | Bloco B | 24,6 | 7,8 | 306 | 2,2 | 256 | 145,04 | 151,80 | 0 | 18,17 | 0,19 | 11,86 | 0,3 | 0,03 | 0 | 0 | 16,42 | 0,17 |
| 4 | RU | 24,4 | 7,9 | 306 | 1,7 | 243 | 139,79 | 146,30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 8,94 | 4,89 | 20,96 | 0 | 3,52 |
| 11 | Bloco H | 24,2 | 7,9 | 296 | 1 | 235 | 120,23 | 135,30 | 0,25 | 19,47 | 0,21 | 12,12 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 19,24 | 6,06 |
| 15 | Bloco IG | 24,4 | 7,9 | 328 | 2,2 | 244 | 152,67 | 145,20 | 0,08 | 25,63 | 0,23 | 12,32 | 0,3 | 0,92 | 0 | 0,05 | 18,49 | 0,11 |
| 14 | Bloco A | 24,1 | 8,0 | 308 | 1,6 | 252 | 127,39 | 146,30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 0,03 | 0 | 0 | 17,61 | 0,21 |
| 12 | Bloco I | 24,3 | 8,2 | 308 | 1,5 | 245 | 139,31 | 138,68 | 0 | 19,35 | 0,25 | 11,82 | 0,2 | 0,02 | 0 | 0 | 19,76 | 6,00 |
| 10 | Bloco G | 24,5 | 8,3 | 281 | 2,7 | 231 | 125,95 | 128,70 | 0,07 | 17,77 | 0,22 | 11,74 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 17,29 | 6,15 |

Fonte: Do autor.

Legenda: pH = potencial hidrogeniônico; STD = Sólidos Totais Dissolvidos; RU = Restaurante Universitário; BCf = Biblioteca Central (próximo ao banheiro feminino/térreo); BCm = Biblioteca Central (próximo ao banheiro masculino/térreo); BC1 = Biblioteca Central (próximo ao banheiro feminino/1º andar), BI = Bloco e BI Pb/Qb = Bloco (Pavilhões de aula Pb e Qb).

OBS: As unidades estão apresentadas em mg/L, com exceção da CE em (µS/cm a 25°).

Figura 18: Distribuição dos valores de pH das águas dos bebedouros na área de estudo.

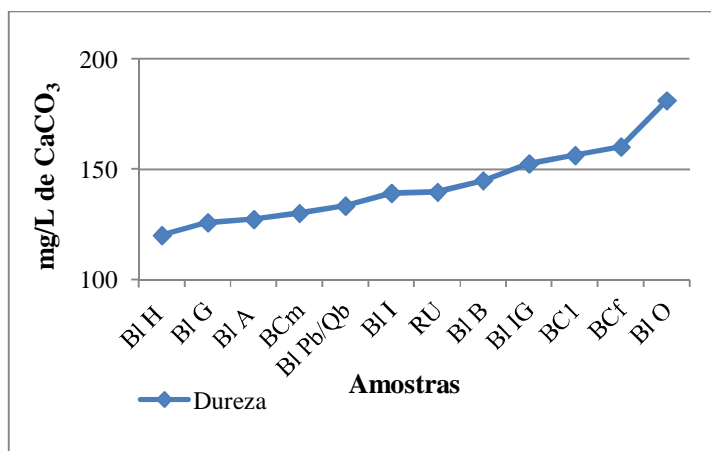


Fonte: Do autor.

Os valores de concentração de dureza nas águas amostradas variam de 120,23 mg/L (Bloco H) a 181,30 mg/L (Bloco O) de CaCO_3 , com uma média de 142,69 mg/L de CaCO_3 (Figura 19), não ocasionando nenhum problema para o consumo humano, pois estão dentro do limite permissível pela Portaria n°. 2914/2011 do MS, que é de até 500 mg/L de CaCO_3 .

Segundo Baumgarten e Pozza (2001), as águas podem ser classificadas conforme seu grau de dureza total, então a partir desta observou-se que 8 amostras são do tipo “Moderadamente Dura” - 75 a 150 mg/L CaCO_3 e 4 são do tipo “Dura” - 150 a 300 mg/L CaCO_3 .

Figura 19: Distribuição dos valores de Dureza das águas dos bebedouros na área de estudo.



Fonte: Do autor.

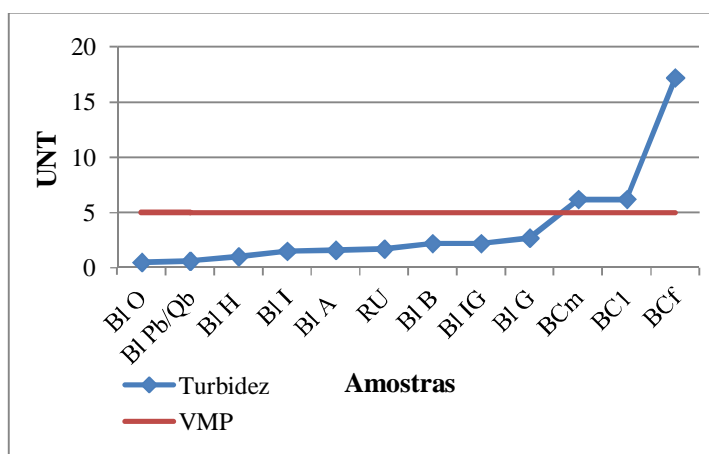
As amostras com maiores concentrações de cálcio e magnésio, expressa em termos de carbonato de cálcio, apresentaram as maiores durezas.

A condutividade elétrica das águas dos bebedouros variam de 281 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Bloco G) a 344 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Bloco O) a temperaturas de aproximadamente 25°C, com média de 308,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$. E o STD variando entre 231 mg/L (Bloco G) a 300 mg/L (BCf), com média de 251,8 mg/L verificando assim, que o STD das amostras de água encontra-se dentro do padrão de aceitação para o consumo humano, segundo a Portaria n°. 2914/2011 do MS, que admite um valor máximo permissível de STD de 1.000 mg/L nas águas.

Das 12 amostras, somente 3 (BC1, BCf e BCm) apresentam valores de turbidez acima do máximo permitido estabelecido pelo Ministério da Saúde e OMS (Tabela 6 e Figura 20). Todos os bebedouros possuem um filtro interno de carvão ativado, que se não forem trocados até o prazo de vencimento podem influenciar na variação de alguns elementos, visto que, o carvão ativado adsorve o cloro, retira efeitos como odores e sabores desagradáveis, além de reduzir a turbidez, substâncias químicas e orgânicas.

Portanto, os valores elevados de turbidez para os bebedouros podem estar diretamente relacionados à rede que abastece o ponto de consumo e/ou principalmente a manutenção dos equipamentos, ou seja, em especial o filtro instalado nos mesmos.

Figura 20: Distribuição dos valores de Turbidez das águas dos bebedouros na área de estudo.



Fonte: Do autor.

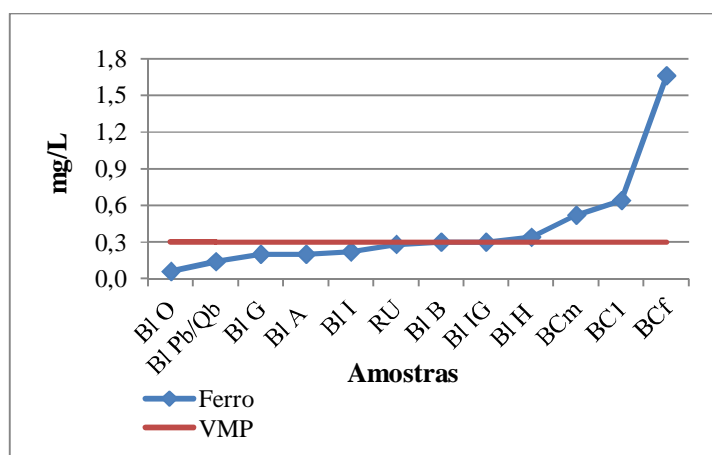
Os valores de alcalinidade determinados variam de 128,70 mg/L a 151,80 mg/L, com média de 143,65 mg/L.

As águas dos bebedouros possui teores de Fe variando entre 0,1 a 1,7 mg/L. Do total de 12 amostras, 3 bebedouros localizados na biblioteca central do Campus da UFPA apresentam

concentrações deste elemento acima do valor estabelecido pelo Ministério da Saúde (Figura 21).

A água que sai da rede de abastecimento conforme os resultados analíticos dos parâmetros físico-químicos realizados pela Prefeitura do Campus da UFPA no período de setembro de 2013, mostrou que o teor de ferro está no valor limite (0,3 mg/L) que é padronizado pelo Ministério da Saúde. Então, estes valores elevados podem estar relacionados ao trajeto entre a rede de abastecimento e os equipamentos (bebedouros), ou seja, as tubulações que são bem antigas, que podem apresentar incrustações na parte interna ou até desgaste, devido ao processo de arranque por percolação da água influenciando assim, na alteração da concentração deste e também de outros elementos.

Figura 21: Concentração dos valores de Ferro total das águas dos bebedouros na área de estudo.



Fonte: Do autor.

Os ânions obtidos nas águas dos bebedouros foram: F^- , Cl^- , SO_4^{-2} e $N-NO_3^-$ e todas as concentrações determinadas (Tabela 6) estão em conformidade com a Portaria nº. 2914/2011 do MS, que estabelece os valores de 1,5 mg/L - fluoretos, 250mg/L - cloretos e sulfatos, e 10 mg/L de nitrato ($N-NO_3^-$) para consumo humano.

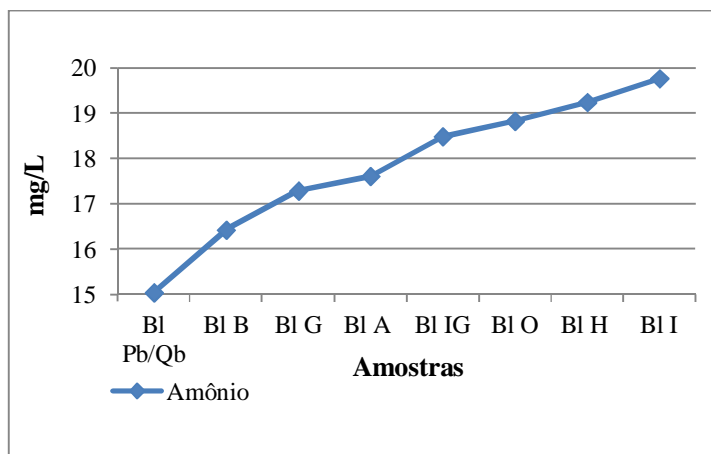
Os cátions encontrados nas águas amostradas são: Na^+ , K^+ , Ca^+ , NH_4^+ e Mg^{+2} . Com exceção do sódio (Na^+) que apresentou concentrações muito baixas, os demais elementos não possuem valor limite de acordo com a Portaria nº. 2914/2011 do MS.

Os valores de cálcio e magnésio podem estar relacionados ao sistema de filtragem e purificação de cada purificador (filtro), no qual, na etapa de pré-filtragem a água é previamente tratada e passa pela camada de dolomita, que retém as impurezas sólidas e libera

cálcio e magnésio (combinados ou separados). E justamente, o tempo de vida útil destes filtros, pode ter influenciado na diferença entre os valores para ambos os parâmetros que apresentam uma pequena parte das amostras com valores mínimos e o restante (maioria) com valores mais elevados (Tabela 6).

A concentração de amônio foi encontrada nas análises de água de 8 bebedouros, os valores obtidos variaram de 15,04 a 19,76 mg/L, com média de 17,83 mg/L (Figura 22).

Figura 22: Concentração dos valores de Amônio das amostras de água na área de estudo.



Fonte: Do autor.

Quando se relaciona os resultados adquiridos para a água do poço (na saída) e a água tratada após a ETA que vai para a rede de distribuição que abastece os bebedouros, verifica-se uma variação na composição química da água. Essas alterações podem estar acontecendo devido:

- As tubulações que ligam a rede de distribuição à saída do bebedouro, que são bem antigas como já citado, e que podem apresentar um acúmulo de ferro do passado (incrustação), que com a percolação da água causa atrito, liberando pequenas partículas deste ferro que são carregadas, ou também a tubulação exclusiva do bebedouro no prédio em que estão instalados que podem apresentar danos.

- A tubulação pode estar danificada (com furos) e na falta de água, pode estar entrando água suja do Barreiras contaminando essa água tratada, ocorrendo assim durante o trajeto a alteração dos teores devido a essa entrada de água imprópria no sistema de distribuição, influenciando na variabilidade da concentração desses teores para os distintos pontos de bebedouros analisados.

- A alteração dos teores nos bebedouros poderá também estar atribuída não somente em relação à tubulação de abastecimento (distribuição), mas também a má limpeza e manutenção adequada nos reservatórios.

- Para algumas amostras, os maiores teores de sódio, cálcio, potássio e magnésio são equivalentes entre si, em relação às outras amostras coletadas, cujas concentrações não foram detectáveis ou não são significativas para estes elementos. De maneira que o tipo de bebedouro ou de filtro poderá influenciar nos resultados da água analisada, como por exemplo, a adição de bicarbonato de cálcio ou potássio para o aumento e/ou correção do pH. Essa adição de bicarbonato poderá influenciar também na alcalinidade, já que a alcalinidade total representa o teor de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos da amostra, expressa em termos de CaCO_3 . E observa-se que estes teores significativos dos cátions citados são de bebedouros que estão localizados no restaurante universitário (RU) e na biblioteca central (BC1, BCf e BCm) do campus, aonde se tem maior rotatividade de pessoas e, portanto, deve ocorrer um maior controle de qualidade da água e manutenção dos purificadores de pressão.

- Os parâmetros físico-químicos de cloreto, sulfato e amônio se comportam da mesma maneira que os cátions citados acima, umas amostras com maiores concentrações (BI IG, BI H e BI O) em relação a outras (BI Pb/Qb e BI G). Fazendo uma análise, a possibilidade de tais elementos estarem em maior quantidade em relação a outras amostras será devido a uma possível contaminação por meio do manejo dos filtros com detergentes de limpeza, possibilitando esse aumento. Ou ainda, no caso do cloreto, o filtro pode estar influenciando sim, caso estes não estejam em condição adequadas para uso, estiverem danificados ou fora do prazo de vencimento, uma vez que, o carvão ativado impregnado com prata coloidal do sistema de filtragem deste filtro faz a decloração e também reduz substâncias químicas de acordo com os fabricantes.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De um modo geral a variação ou alteração dos teores não tornam a água imprópria, se considerarmos que a água do Sistema de Abastecimento da UFPA mostrou resultados físico-químicos de qualidade com restrições somente para os parâmetros ferro e turbidez de acordo com a Portaria nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde e a OMS para o consumo humano, conforme o estudo realizado nos poços e bebedouros.

Porém se considerarmos somente os bebedouros para a classificação da qualidade da água, onde no total de 12 amostras somente 3 apresentaram teores elevados para os elementos citados acima, tem-se que 75% das amostras, (e somente para essas) apresentam uma boa qualidade da água, não havendo restrições maiores no geral para o consumo humano.

Quando comparada a profundidade dos poços, observa-se que o poço 2 da ETA é mais “raso” em relação aos outros dois poços (mais profundos). Em teoria estes poços profundos possuem uma água mais pura (natural), ou seja, com mínima variação da composição química da água do aquífero. Entretanto, no sistema aquífero Pirabas, com profundidades acima de 100 metros ou até superior a 150 m na área de estudo, as variações das concentrações de alguns elementos podem acompanhar as variações do sistema aquífero Barreiras (profundidade inferior a 30 ou 40 metros na área), que sofre influência direta da sazonalidade. Ou ainda, pela exploração de água sob a influência da composição geológica das camadas de transição entre os sistemas aquíferos Barreira e Pirabas ou possivelmente a má construção de poços como a falta de isolamento dos aquíferos captados.

As águas excessivamente ácidas podem provocar corrosão nos encanamentos ou produtos de uso doméstico e industrial, por isso é importante a realização da medida do pH na água.

Quanto à dureza, as águas dos bebedouros e poços apresentam padrões semelhantes de classificação, oscilando de “Moderadamente Dura” a “Dura” (menor quantidade em ambos), na qual, as amostras classificadas como tipo dura são consideradas incrustantes e consomem muito sabão, além de dificultar o cozimento dos alimentos.

Segundo o Artº 3 da Resolução CONAMA 396/2008, as águas subterrâneas da área de estudo podem ser classificadas em Classe 2: “*águas dos aquíferos, sem alteração de sua qualidade por atividade antrópica, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais*”.

E conforme a Resolução CONAMA Nº 357/2005, 100% das águas subterrâneas dos poços amostrados são do tipo doce.

Então, recomenda-se que sejam realizadas as seguintes ações na área do Campus da UFPA:

- monitoramento qualitativo (físico-químico e bacteriológico) das águas analisadas buscando um melhor controle, sendo realizado em dois períodos durante o ano, ou seja, intervalo de 6 meses.

- realizar a manutenção preventiva e corretiva da unidade de tratamento e principalmente a distribuição pela rede de abastecimento, como por exemplo, as tubulações desta que são bem antigas e responsáveis por abastecer os bebedouros e que possivelmente apresentam danificação e, portanto não podem ser negligenciadas.

- atentar para a realização da troca (respeitando o prazo de validade pelos fabricantes de 6 meses) e manutenção dos filtros nos bebedouros, visando garantir a qualidade da água para todos os usuários, caso contrário, estes podem propiciar acúmulo de bactérias na água consumida e desencadear doenças na comunidade universitária.

- realizar a manutenção dos equipamentos (bebedouros) instalados no Campus da UFPA, visto que, o bebedouro no Bloco O, por exemplo, apresentou péssimas condições para uso.

- conscientizar os usuários a utilizarem tais equipamentos de maneira higiênica e sem causar possíveis danos.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR12212*: Projeto de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992. 5p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR12244*: Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992. 6p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NB13972*: Bebedouro com refrigeração mecânica incorporada - Requisitos de qualidade, desempenho e instalação. Rio de Janeiro, 1997. 64p

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 16ed. Washington: [s.n.], 1985. 1268p.

BABYLON. Bicarbonatos e íon fluoreto. Disponível em: <<http://dicionario.babylon.com/>>. 2009. Acesso em: 04/05/2009.

BAUMGARTEN, M. G. Z; POZZA, S. A. *Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 166p.

BARBOSA, C. F. *Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica – RJ*. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: 2011. 32f. Disponível em: <http://www.semaeop.com.br/upload_fckeditor/PORTARIA%202914%202011.PDF>. Acesso em: 17/11/2012.

CAMPOS, T. S.; ROHLFS, D. B. *Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás*. 2010. Programa de Pós-graduação em Biociências forenses. 2010.

CAVALCANTE, I. N; MATTA, M. A. da S. *Qualidade das Águas*. 2012. 39f. Instituto de Geociências e Faculdade de Geologia da UFPA. Assessoria de Educação a Distância. Belém – PA. Apostila.

CENTENO JUNIOR, F. M. *Construção do Poço Tubular Profundo UFPª 04*. Relatório Técnico Final. Femac - Geosolo Engenharia Ltda. Abril, 2009. 29p.

CENTENO JUNIOR, F. M. *Relatório dos Serviços de Captura e Retirada da Bomba Submersa e Limpeza do Poço Tubular Profundo UFPª 04, em Belém – PA*. Femac - Geosolo Engenharia Ltda. Junho, 2012.

CETESB. Centro Tecnológico de Saneamento Básico: *Águas subterrâneas*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 14/08/2013.

SILVA, L. S. 2014 - *Qualidade da Água Consumida na porção dos Setores Básico e Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto - UFPA, Belém - Pará*

CETESB. Normalização Técnica NT-07. Análise físico-química das águas. São Paulo-SP, CETESB. 340 p. 1978

CONAMA. *Resolução N° 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. 23p.

CONAMA. *Resolução N° 396 de 03 de abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 2008. 13p.

DIAS, D.S. S. *Estudos Hidrogeológicos da Área da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, Belém-PA*. 2013. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Faculdade de Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

EMEDIX. *Cálcio e sódio*. Disponível em: <<http://emedix.uol.com.br/vit/index.php>> 2009. Acesso em: 19/02/2009.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. *Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data*. CEPIS-PAHO/WHO. Lima. 1988. 78p.

HILL, M. J.; HAWKSWORTH, G.; TATTERSAL, G. *Bacteria nitrosamines and cancer of the stomach*. Br. J. Cancer. 1973. (Ed.28): 562-567p.

KARMANN, I. 2008. *Água: ciclo e ação geológica*. In: TEXEIRA, W; FAIRCHILD, T. R; TOLEDO, M. C. M; TAIOLI, F. (Organizadores). Decifrando a Terra. 2ª edição. São Paulo. Oficina de textos, 2003. Cap. 7, p. 186-209.

KOURY, F. S. *A Viabilidade Econômica e Técnica da Utilização de Poços Tubulares para o Abastecimento de Água na Região de Belém e Ananindeua, Estado do Pará – Brasil*. 2007. 123f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

MATTA, M. A. da S. *Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil*. 2002. 292f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

OLIVEIRA, J. G. F, SILVA, R. C. S. *Geologia e recursos minerais da folha Belém – SA-22-X-D-III, Estado do Pará, escala 1:100.000: Programa Geologia do Brasil (PGB), Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil*. 2011. Projeto Cartografia da Amazônia. CPRM, Belém, 2011.

OMS - Organização Mundial de Saúde. *Guidelines for drinking-water quality - 4th ed*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2011. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf>. Acesso em: 13/06/2013.

PALHETA, E. S. de M. *Estudo da Compartimentação e Arcabouço Neotectônico da Ilha de Mosqueiro – Pará Empregado no Conhecimento Hídrico Subterrâneo*. 2008. 269f. Tese

SILVA, L. S. 2014 - *Qualidade da Água Consumida na porção dos Setores Básico e Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto - UFPA, Belém - Pará*

(Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

PANTOJA JÚNIOR, A. F. P. *Aspectos Hidrogeológicos da Microbacia do Rio Maguariaçu: Uma Proposta Alternativa de Abastecimento de Água para Área Central do Município de Ananindeua-PA*. 2012. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Faculdade de Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

PARANHOS, P. F. *Caracterização Hidroquímica do Sistema Aquífero Pirabas em Icoaraci, Região Metropolitana de Belém – Estado do Pará*. 2010. 106f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

PESSOAL UTFPR. 2009. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/colombo/arquivos/Alcalinidade.pdf>>. Acesso em: 01/06/2009.

REZENDE, M. O. de O. *Importância da Compreensão dos Ciclos Biogeoquímicos para o desenvolvimento Sustentável*. 2003. 52f. Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2003.

ROSSI, P.; MIRANDA, J. H. & DUARTE, S. N. *Curvas de distribuição do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas*. Artigo (graduação) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP, Piracicaba. 2007.

SANTOS, A. C. *Noções de Hidroquímica*. In: FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Coord.). *Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008. Cap. 5.1, p. 330-333.

SILVA, D. L. da. *O direito sanitário e a água para consumo humano*. 2004. 24f. Monografia (Especialização em Direito Sanitário) – Fundação Oswaldo Cruz, Brasília, 2004.

SILVA, L. S.; CAVALCANTE, I. N. *Qualidade das Águas Subterrâneas no Município de Mauriti – Vale do Cariri, Bacia do Araripe – Ceará – Brasil*. 2008. XXVII Encontro de Iniciação Científica. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE, 2008.

SILVA, A. I. M. *Análise econômica de sistema de abastecimento de água público fechado: estudo de caso da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto – Belém (PA)*. 2012. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

UFPA. Universidade Federal do Pará. Disponível em: <<http://www.portal.ufpa.br>> Acesso em: 17/11/2012.