

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**Desenvolvimento de tecnologias de tratamento de
águas brancas e pretas da Região Amazônica para
consumo humano**

Aléx Fabiano Ribeiro de Magalhães

Campinas
2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

Aléx Fabiano Ribeiro de Magalhães

**Desenvolvimento de tecnologias de tratamento de
águas brancas e pretas da Região Amazônica para
consumo humano**

Tese de doutorado apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na Área de Concentração em Saneamento e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gomes da Nave Mendes

Campinas, SP

11/2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M27d Magalhães, Aléx Fabiano Ribeiro de
 Desenvolvimento de tecnologias de tratamento de
 águas brancas e pretas da região amazônica para
 consumo humano / Aléx Fabiano Ribeiro de Magalhães.
 --Campinas, SP: [s.n.], 2010.

 Orientador: Carlos Gomes da Nave Mendes.
 Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
 Urbanismo.

 1. Água - Estações de tratamento. 2. Filtro e filtração.
 3. Amazônia. 4. Amazonas, Rio. 5. Rio Negro -
 Amazonas. I. Mendes, Carlos Gomes da Nave. II.
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Development of technologies of treatment of white and black
waters of the amazonian region for human consumption

Palavras-chave em Inglês: Water - Water treatment, Filter and filtration,
Amazon, Amazon River, Rio Negro - Amazon

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Andrea Viviana Waichman, Bruno Coraucci Filho, Nelson
Gonçalves Prianti Júnior, Ricardo de Lima Isaac

Data da defesa: 19/11/2010

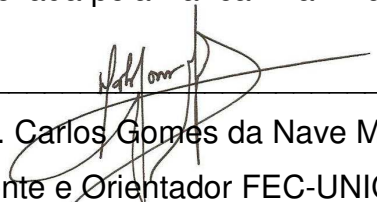
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

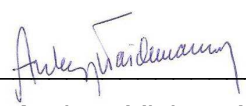
Aléx Fabiano Ribeiro de Magalhães

**Desenvolvimento de tecnologias de tratamento de
águas brancas e pretas da Região Amazônica para
consumo humano**

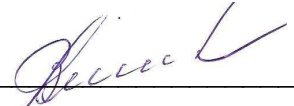
Tese de doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



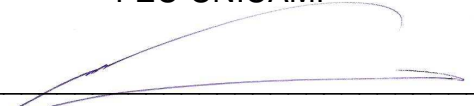
Prof. Dr. Carlos Gomes da Nave Mendes
Presidente e Orientador FEC-UNICAMP



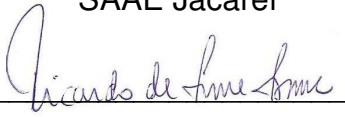
Prof. Dra. Andrea Viviana Waichman
CCA-UFAM



Prof. Dr. Bruno Coraucci Filho
FEC-UNICAMP



Prof. Dr. Nelson Gonçalves Prianti Júnior
SAAE Jacareí



Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac
FEC-UNICAMP

Campinas, 19 de novembro de 2010

DEDICATÓRIA

Dedico mais esta conquista a Deus e a toda minha família, pelo amor, compreensão e apoio emocional durante a realização deste importante passo na minha vida.

Dedico em especial ao meu pai e meus avôs que, mesmo estando ausentes na vida física, ajudaram-me a vencer esta jornada, principalmente nos muitos momentos de solidão a que estive submetido. Vocês continuam muito presentes em minha vida.

À minha mãe Adélia Vilas Boas de Magalhães, pelo exemplo de vida e de luta incansável pela conquista de uma vida digna e honesta para si e para seus filhos, apesar de todas as turbulências que encontrou e encontra em sua jornada.

À minha esposa Cristina Medeiros Jeronimo, pelo enorme apoio em todos os momentos difíceis que passei para alcançar este objetivo. Agradeço-a por tudo que representa na minha vida.

À minha filha Ana Jeronimo Ribeiro de Magalhães, pela alegria proporcionada pelo seu nascimento e pelo sentimento de renovação de forças e também da esperança em um futuro melhor, a partir da concretização de uma vida em família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, à minha família e amigos, pelo amor, carinho, compreensão e incentivo para a transposição de cada obstáculo que encontrei no caminho. Cada um de vocês foi e é muito importante na minha vida e tenho muito orgulho de tê-los ao meu lado. Mesmo à distância, cada prece, cada torcida e cada pensamento positivo foram recebidos por mim e me deram forças para seguir minha trajetória de vida;

Ao meu Orientador e Professor Dr. Carlos Gomes da Nave Mendes, pela confiança na minha capacidade de realização, pelo seu apoio e também pelo exemplo de profissional a ser seguido;

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, que de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento de minha formação acadêmica e também deste trabalho;

À Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI), por ter proporcionado e patrocinado esta pesquisa, em conjunto com o Banco da Amazônia e o Fundo de Investimento da Amazônia. Em especial aos dirigentes Isa Assef e Evandro Vieiralves e aos colaboradores Allan Lima, Andrea Asmus, Denys Lima, Hellen Medeiros, Joice Machado, Marcos Fernando, Paulo Chagas, Pedro Sosa, Rodrigo Costa e Tito Borges, que contribuíram, seja positiva ou negativamente, com a execução deste projeto de pesquisa.

Prece da serenidade

Deus,

Dai-me força para mudar as coisas que posso, serenidade para aceitar as que não posso e sabedoria, para entender a diferença.

RESUMO

Através de informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, verifica-se baixos índices de atendimento por água potável na Região Norte do Brasil, que chega a um percentual menor do que 40% no estado de Rondônia (SNIS (2005)).

De maneira a disponibilizar tecnologias para tratamento das águas brancas e pretas da Região Amazônica para o atendimento a esta população, este estudo desenvolveu novas tecnologias, aptas para o tratamento destas águas.

Para este desenvolvimento, foram implantadas unidades em escala de protótipo em Manaus-AM, para tratamento das águas pretas, e em Careiro da Várzea-AM, para tratamento das águas brancas, sendo a eficiência destas monitoradas através dos parâmetros de pH, turbidez, cor aparente, cor verdadeira e coliformes termotolerantes.

Disponibiliza-se uma tecnologia para o tratamento das águas brancas da Amazônia composta de fases de pré-filtração dinâmica com taxa de $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, pré-filtração vertical ascendente em camadas com taxa de $4,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, filtração lenta com taxa de $1,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ e a injeção de solução coagulante de Sulfato Alumínio Ferroso com dosagem de 30 mg/L, posicionada na tubulação de saída do pré-filtro dinâmico.

Também se disponibiliza uma tecnologia para o tratamento das águas pretas da Amazônia composta de fases de pré-filtração dinâmica com taxa de $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, pré-filtração vertical ascendente em camadas com taxa de $4,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, filtração lenta com taxa de $1,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ e filtração em carvão ativado granular com taxa de aplicação de $6,1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, sendo esta última posicionada após o filtro lento.

Palavras Chave: Tratamento de Água, Filtro Lento, Rio Negro, Rio Solimões, Amazônia.

ABSTRACT

Through information from the National System of Sanitation Information, there is low attendance rates for drinking water in northern Brazil, which arrives at a percentage lower than 40% in the state of Rondônia (SNIS (2005)).

In order to provide technologies for water treatment of white and black waters of the Amazonian region to assist this population, this study developed new technologies, able to treat these kind of water.

For this development, were implemented at scale prototype units in Manaus-AM, for treatment of black water, and the Careiro da Várzea - AM, for the treatment of white waters, the efficiency of these treatment was monitored through the parameters of pH, turbidity, color Apparent, true color and thermotolerant coliforms.

Provides a technology for the treatment of white waters of the Amazonian consisted of the dynamic pre-filter with a rate of $2.4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, pre-filter layers in vertical upward with a rate of $4.3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, slow filter with a rate of $1.7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ and the injection of Ferrous Sulfate Aluminum coagulant with a dose of 30 mg/L, positioned in the outlet dynamic pre-filter pipe.

It also provides a technology for the treatment of the black waters of the Amazonian consisted of the dynamic pre-filter with a rate of $2.4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, pre-filter layers in vertical upward with a rate of $4.3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, slow filter with a rate of $1.7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ and filter with granular activated carbon with a rate of $6.1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, this one positioned after the slow filter.

Key Words: Water treatment, Slow Filter, Negro River, Solimões River, Amazonian.

Sumário

RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xiii
Lista de Figuras.....	xvii
Lista de Tabelas	xxiii
Lista de Abreviaturas e Siglas	xxv
1- INTRODUÇÃO	1
2- OBJETIVOS.....	3
3- REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1 Características hidrográficas da Região Amazônica.....	5
3.2 Características das águas superficiais da Região Amazônica.....	10
3.3 Bacia Hidrográfica do Rio Negro	16
3.4 Bacia Hidrográfica do Rio Solimões.....	23
3.5 O serviço de saneamento na Região Hidrográfica Amazônica.....	29
3.6 Sistema de Filtração por Múltiplas Etapas (FiME).....	34
3.7 Critério de projetos para a tecnologia FiME	40
3.7.1 Pré-filtro dinâmico horizontal	40
3.7.2 Pré-filtro vertical ascendente em camadas em uma mesma unidade	43
3.7.3 Filtro lento	46
3.8 Pesquisas utilizando FiME.....	51
3.8.1 Remoção de cor por filtração em múltiplas etapas	55
3.8.2 Remoção de turbidez por filtração em múltiplas etapas	59
4- MATERIAL E MÉTODOS.....	63
4.1 Captação das águas superficiais.....	67
4.2 Pré-Filtro Dinâmico	72
4.3 Pré-filtro vertical ascendente em camadas.....	74

4.4 Filtro lento.....	76
4.5 Água tratada.....	78
4.6 Análises	78
4.7 Dimensionamento das ETAs Piloto.....	79
5- RESULTADOS E DISCUSSÕES	81
5.1 Considerações iniciais.....	82
5.2 Concepção e Montagem das ETAs Piloto	84
5.3 Ajustes iniciais	91
5.4 Configuração final das ETAs estudadas	97
5.4.1 Captação das águas superficiais	99
5.4.2 Pré-Filtro Dinâmico	99
5.4.3 Pré-filtro vertical ascendente em camadas	101
5.4.4 Filtro lento	102
5.4.5 Dimensionamento das ETAs Piloto	103
5.5 Operação das ETAs	105
5.5.1 Primeira Fase de operação das ETAs.....	105
5.5.2 Segunda Fase de operação das ETAs	122
6- CONCLUSÕES	153
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	157
ANEXO 1	161
ANEXO 2.....	175
ANEXO 4.....	199
ANEXO 5.....	211

Lista de Figuras

Figura 1: Delimitação aproximada da Bacia Hidrográfica Amazônica	7
Figura 2: Vista de satélite da Região Amazônica.....	7
Figura 3: Principais sub-bacias da Região Hidrográfica Amazônica.....	8
Figura 4: Encontro das águas dos Rios Negro (escura) e Solimões (barrenta).....	12
Figura 5: Encontro das águas dos Rios Tapajós (verde) e Amazonas (barrenta).....	12
Figura 6: Características das águas dos Rios Negro e Solimões	13
Figura 7: Localização do Rio Negro no Brasil.....	16
Figura 8: Localização do Rio Negro - pontilhado	16
Figura 9: Oscilações do Rio Negro em território brasileiro (médias anuais).....	19
Figura 10: Oscilações do Rio Negro em território brasileiro (medições simultâneas).....	19
Figura 11: Valores de pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor ($\text{mg}/\text{Pt}/\text{L}$) e material húmico (M.H) no Rio Negro	20
Figura 12. Concentrações de cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (N^{+}) e potássio (K^{+}) no Rio Negro em mg/L	20
Figura 13: Concentrações de sulfato (SO_4^{4-}), cloreto (Cl^{-}), ferro total (Fe) e manganês (Mn) no Rio Negro em mg/L	21
Figura 14. Concentrações de fósforo total (Pt), nitrogênio (NTK), silicato (SiO_2) e alumínio (Al^{+3}) no Rio Negro em mg/L	21
Figura 15: Perfil da calha do Rio Negro em Paricatuba	22
Figura 16: Localização do Rio Solimões no Brasil	25
Figura 17: Localização do Rio Solimões - pontilhado.....	25
Figura 18: Oscilações do Rio Solimões em médias anuais.....	27
Figura 19: Oscilações do Rio Solimões em medições simultâneas.....	27
Figura 20: Perfil da calha do Rio Solimões em Tabatinga-AM.....	28
Figura 21: Perfil da calha do Rio Solimões à jusante da cidade de Tefé-AM.....	28
Figura 22: Índice de atendimento total de água no Brasil em 2004	29

Figura 23: Índice de atendimento total de coleta de esgoto no Brasil em 2004.....	30
Figura 24: Índice de perdas de faturamento nos serviços de água em 2004.....	30
Figura 25: Índice de atendimento total de água na Região Norte em 2004.....	31
Figura 26: Índice de atendimento total de coleta de esgoto na Região Norte em 2004 .	31
Figura 27: Índice de perdas de faturamento nos serviços de água em 2004.....	32
Figura 28: Representação das etapas da FiME	37
Figura 29: ETA utilizando a tecnologia FiME em Cauca/Colômbia.....	37
Figura 30: Pré-filtro dinâmico em corte	41
Figura 31: Pré-filtro vertical ascendente em (PFVAC) em corte	44
Figura 32: Filtro lento operado com nível variável em corte.....	46
Figura 33: Remoção de turbidez em uma unidade de filtração lenta.....	60
Figura 34: Remoção de turbidez em uma unidade de tratamento de água por FiME	60
Figura 35: Remoção de turbidez em uma unidade de tratamento de água por FiME	61
Figura 36: Esquema da proposição para o tratamento das águas estudadas	65
Figura 37: Concepção inicial das ETAs Piloto	66
Figura 38: Distância entre a FUCAPI e o Encontro da Águas	67
Figura 39: Distância entre a ETA Mauazinho e ETA km 13	68
Figura 40: Distância entre os pontos de captação das águas superficiais estudadas....	69
Figura 41: ETA Mauazinho no período de cheia	69
Figura 42: ETA Km 13 no período de seca	70
Figura 43: Fenômeno do Encontro da Águas dos Rios Negro e Solimões visto através de foto aérea em época de seca.....	70
Figura 44: Fenômeno do Encontro da Águas dos Rios Negro e Solimões visto através de foto tirada a partir de um barco regional em época de seca.....	71
Figura 45: Balsa de interligação entre Manaus-AM e Careiro da Várzea-AM.....	71
Figura 46: Barco de travessia entre Manaus-AM e Careiro da Várzea-AM.....	72
Figura 47: Fabricação do PFD das ETAs	86
Figura 48: Fabricação do PFVAC e do FL das ETAs	86
Figura 49: FL, PFVAC e PFD das ETAs fabricados	86
Figura 50: Local da Instalação da ETA Rio Negro, em Manaus-AM.....	86
Figura 51: Obra civil necessária para a Instalação da ETA Rio Negro.....	86
Figura 52: Início da montagem da ETA Rio Negro	86
Figura 53: Montagem da ETA Rio Negro.....	87

Figura 54: ETA Rio Negro montada	87
Figura 55: Local da Instalação da ETA Rio Solimões, em Careiro da Várzea-AM.....	87
Figura 56: Obra civil necessária para a Instalação da ETA Rio Solimões.....	87
Figura 57: Início da montagem da ETA Rio Solimões.....	87
Figura 58: Montagem da ETA Rio Solimões	87
Figura 59: ETA Rio Solimões montada.....	88
Figura 60: Deslizamento de encosta na área interna da ETA Mauazinho	91
Figura 61: Recuperação da encosta na área interna da ETA Mauazinho	91
Figura 62: Reforço lateral dos PFDs	91
Figura 63: Tirantes de fixação dos equipamentos em fibra de vidro.....	91
Figura 64: Peça de conexão do rotâmetro que se quebrou durante o uso normal.....	95
Figura 65: Formação de lodo e capa confeccionada para o rotâmetro	95
Figura 66: Válvula do tipo globo inserida à montante e à jusante do PFD	95
Figura 67: Lavação manual da areia dos FLs.....	95
Figura 68: Inserção de camadas granulares a partir do fundo dos FLs, necessárias em função da deterioração da tela de aço inox.....	95
Figura 69: Camadas de granulometrias decrescentes para suporte da areia dos FLs ..	95
Figura 70: Peneiras de seleção do material granular para complementação do PFD....	96
Figura 71: Formação de lodo na tubulação transparente de adução das ETAs.....	96
Figura 72: Tela colocada na tubulação de água excedente dos PFDs	96
Figura 73: Reservatório para regularização de vazão das ETAs	96
Figura 74: Painel de guarda da bomba peristáltica, carregador e conjunto de baterias.	96
Figura 75: Quebra do grampo do eixo de rotação da bomba peristáltica	96
Figura 76: Mangueira peristáltica da bomba, apresentando danificação	97
Figura 77: Aspecto geral da ETA Rio Negro após a finalização das intervenções	97
Figura 78: Aspecto geral da ETA Rio Solimões após a finalização das intervenções....	97
Figura 79: Concepção das ETAs Piloto após a etapa de ajustes iniciais.....	98
Figura 80: Derivação na tubulação para captação de água na ETA Rio Negro	99
Figura 81: Derivação na tubulação para captação de água na ETA Rio Solimões.....	99
Figura 82: Lâmina d'água de 144 cm sobre o FL da ETA Rio Negro	111
Figura 83: Efeito da colmatação do FL no esvaziamento através do piezômetro na ETA Rio Negro (mangueira superior com escoamento de água inferior não).....	111
Figura 84: Esvaziamento do FL pelo Piezômetro na ETA Rio Negro	112

Figura 85: Furo da camada biológica na drenagem do FL da ETA Rio Negro	112
Figura 86: Aspecto da camada biológica e do furo nesta camada no FL na ETA Rio Negro	112
Figura 87: Aparência da camada biológica do FL na ETA Rio Negro	112
Figura 88: Aparência da camada biológica do FL na ETA Rio Negro	112
Figura 89: Aparência da areia do FL após o revolvimento na ETA Rio Negro.....	112
Figura 90: Aparência a areia do FL após o revolvimento na ETA Rio Negro.....	113
Figura 91: Início do alagamento da ETA Rio Solimões.....	113
Figura 92: Visita do Técnico de Segurança do Trabalho da FUCAPI na ETA Rio Solimões em 19/07/09	113
Figura 93: Visita do Técnico de Segurança do Trabalho da FUCAPI na ETA Rio Solimões em 19/07/09	113
Figura 94: Pico da cheia do Rio Solimões – Caixa de entrada de energia para a ETA Km 13 em 28/07/09	113
Figura 95: Pico da cheia do Rio Solimões – ETA Rio Solimões em 28/07/09.....	113
Figura 96: Pico da cheia do Rio Solimões – Painel elétrico da ETA Rio Solimões em 28/07/09.....	114
Figura 97: Pico da cheia do Rio Solimões – Interior do painel elétrico da ETA Rio Solimões em 28/07/09	114
Figura 98: Final do alagamento na área da ETA Rio Solimões em 01/08/09.....	114
Figura 99: Final do alagamento na área da ETA Rio Solimões em 01/08/09 - reinício da operação da mesma.....	114
Figura 100: Amostras da camada biológica do FL coletada na ETA Rio Solimões	114
Figura 101: Aparência de amostras da camada biológica do FL na ETA Rio Solimões.....	114
Figura 102: Resultados das análises de pH na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	117
Figura 103: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	117
Figura 104: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	117
Figura 105: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI	118
Figura 106: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório Externo	118
Figura 107: Resultados da perda de carga no FL da ETA Rio Negro	118
Figura 108: Resultados das análises de pH na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	119

Figura 109: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	119
Figura 110: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI	119
Figura 111: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	120
Figura 112: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório Externo	120
Figura 113: Resultados da perda de carga apresentada no FL da ETA Rio Solimões	120
Figura 114: Concepção da ETA Rio Negro na Segunda Etapa de operação	127
Figura 115: Detalhe do FCA da ETA Rio Negro.....	128
Figura 116: Aspecto da ETA Rio Negro durante a Segunda Fase de operação	131
Figura 117: Aspecto da ETA Rio Negro durante a Segunda Fase de operação	131
Figura 118. Vista superior da sondagem – ETA Rio Negro.....	131
Figura 119. Vista superior do furo da sondagem – ETA Rio Negro	131
Figura 120. Aspecto do schmutzdecke superior – ETA Rio Negro	131
Figura 121. Vista da camada de areia intermediária (abaixo do schmutzdecke superior) – ETA Rio Negro	131
Figura 122. Vista do schmutzdecke inferior (abaixo da camada de areia)– ETA Rio Negro	132
Figura 123. Vista da camada de areia inferior (abaixo do schmutzdecke inferior)– ETA Rio Negro	132
Figura 124. Vista superior do fechamento do furo da sondagem – ETA Rio Negro	132
Figura 125. Dispositivo para perfuração e sondagem.....	132
Figura 126. Dispositivo para perfuração e sondagem – Detalhe 1	132
Figura 127. Dispositivo para perfuração e sondagem – Detalhe 2	132
Figura 128: Concepção da ETA Rio Solimões na Segunda Etapa de operação.....	135
Figura 129: Detalhe do sistema de coagulante e da camada superior do PFVAC da ETA Rio Solimões.....	136
Figura 130: Final da floculação no ensaio de tratabilidade – ETA Rio Solimões.....	140
Figura 131: Decantação no ensaio de tratabilidade, 5 minutos – ETA Rio Solimões ...	140
Figura 132: Decantação no ensaio de tratabilidade, 10 minutos – ETA Rio Solimões.	140
Figura 133: Decantação no ensaio de tratabilidade, 15 minutos – ETA Rio Solimões.	140
Figura 134: Decantação no ensaio de tratabilidade, 15 minutos – ETA Rio Solimões.	140
Figura 135: Água bruta utilizada no ensaio de tratabilidade – ETA Rio Solimões.....	140

Figura 136: Montagem inicial do sistema de dosagem – ETA Rio Solimões	141
Figura 137: Segunda montagem do sistema de dosagem – ETA Rio Solimões	141
Figura 138. Vista superior da sondagem com dispositivo de perfuração – ETA Rio Solimões.....	141
Figura 139. Vista superior do furo da sondagem – ETA Rio Solimões.....	141
Figura 140. Aspecto do schmutzdecke superior – ETA Rio Solimões.....	141
Figura 141. Vista da camada de areia intermediária (abaixo do schmutzdecke superior) – ETA Rio Solimões	141
Figura 142. Vista do schmutzdecke inferior (abaixo da camada de areia)– ETA Rio Solimões.....	142
Figura 143. Vista da camada de areia inferior (abaixo do schmutzdecke inferior)– ETA Rio Solimões.....	142
Figura 144. Vista superior dos furos de sondagem – ETA Rio Solimões	142
Figura 145. Revolvimento do schmutzdecke após a sondagem – ETA Rio Solimões .	142
Figura 146. Dispositivo para perfuração e sondagem, detalhe 1 – ETA Rio Solimões	142
Figura 147. Dispositivo para perfuração e sondagem detalhe 2– ETA Rio Solimões...	142
Figura 148. Sistema de dosagem de coagulante final – ETA Rio Solimões.....	143
Figura 149. Configuração final do sistema de dosagem– ETA Rio Solimões	143
Figura 150: Resultados das análises de pH na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	145
Figura 151: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	145
Figura 152: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	145
Figura 153: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI	146
Figura 154: Resultados da perda de carga no FL da ETA Rio Negro	146
Figura 155: Resultados das análises de pH na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	146
Figura 156: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	147
Figura 157: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI	147
Figura 158: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI.....	147
Figura 159: Resultados da perda de carga no FL da ETA Rio Solimões - final.....	148

Lista de Tabelas

Tabela 1: Informações sobre a vazão de água do Rio Amazonas.....	9
Tabela 2: Características dos principais rios da Bacia Hidrográfica Amazônica	9
Tabela 3: Características típicas das águas da Região Amazônica	14
Tabela 4: Características das águas brutas brancas e pretas de diferentes mananciais da Região Amazônica	15
Tabela 5: Cotas altimétricas máximas e mínimas do Rio Negro de 1903 a 2008	18
Tabela 6: Cotas altimétricas instantâneas do Rio Negro em datas próximas	18
Tabela 7: Características de qualidade das águas do Rio Negro em Paricatuba.....	22
Tabela 8: Características da água do Rio Negro coletadas de fevereiro a setembro de 1998 à montante da cidade de Manaus-AM	23
Tabela 9: Cotas altimétricas máximas e mínimas do Rio Solimões de 1971 a 2007.....	26
Tabela 10: Cotas altimétricas instantâneas do Rio Negro em datas próximas.....	26
Tabela 11: Percentual da população da Região Amazônica atendida por água e esgoto	32
Tabela 12: Percentual de atendimento total de água potável dos municípios do estado do Amazonas.....	33
Tabela 13: Características gerais da água bruta para tratamento por FiME	38
Tabela 14: Características gerais da água bruta em função do arranjo da FiME.....	39
Tabela 15: Parâmetros de projeto de pré-filtros dinâmicos	43
Tabela 16: Critérios gerais de dimensionamento de instalações de pré-filtro vertical ascendente em camadas de pedregulho.....	45
Tabela 17: Características da areia usada na filtração lenta	47
Tabela 18: Propriedades Gerais das Mantas Sintéticas não Tecidas	50
Tabela 19: Remoção de matéria orgânica natural em filtros lentos (afluente/efluente)..	57
Tabela 20: Valores de variação de turbidez (uT) nas etapas da FiME em escala real...	62
Tabela 21: Características construtivas do pré-filtro dinâmico.....	74

Tabela 22: Características do PFVAC	76
Tabela 23: Características da areia usada no filtro lento.....	77
Tabela 24: Memorial de cálculo da ETA Piloto	80
Tabela 25: Principais problemas e soluções encontradas nas etapas de concepção e montagem das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões	88
Tabela 26: Principais problemas e soluções encontradas na etapa de ajustes iniciais das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões	92
Tabela 27: Características construtivas do pré-filtro dinâmico.....	101
Tabela 28: Características propostas para o PFVAC.....	102
Tabela 29: Características propostas da areia usada no filtro lento	103
Tabela 30: Recálculo dos equipamentos das ETAs Piloto	104
Tabela 31: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Negro – Primeira Fase....	106
Tabela 32: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões – Primeira Fase	107
Tabela 33: Resultados das análises de qualidade da água bruta do Rio Negro	115
Tabela 34: Resultados das análises de qualidade da água bruta do Rio Solimões.....	115
Tabela 35: Resultados das análises de coliformes termotolerantes da ETA Rio Negro	121
Tabela 36: Resultados das análises de coliformes termotolerantes da ETA Rio Solimões	121
Tabela 37: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Primeira Fase de operação da ETA Rio Negro (de 13/05/09 a 28/02/10)	122
Tabela 38: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Primeira Fase de operação da ETA Rio Solimões (de 13/05/09 a 28/02/10).....	122
Tabela 39: Segundo recálculo dos equipamentos das ETAs Piloto.....	124
Tabela 40: Características propostas para o filtro de carvão ativado de fluxo ascendente	126
Tabela 41: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Negro	129
Tabela 42: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões.....	137
Tabela 43: Resultados das análises de coliformes termotolerantes das ETAs Rio Negro e Rio Solimões	149
Tabela 44: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Segunda Fase de operação da ETA Rio Negro (de 13/04 a 09/06/10)	149
Tabela 45: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Segunda Fase de operação da ETA Rio Solimões (de 30/04 a 09/06/10)	150
Tabela 46: Acréscimo de eficiência nas ETAs Rio Negro e Rio Solimões obtidas entre a Primeira e Segunda Fase de operação destas.....	151

Lista de Abreviaturas e Siglas

AHIMOC:	Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental
ANA:	Agência Nacional de Águas
AM:	Amazonas
BASA:	Banco da Amazônia S/A
CINARA:	Instituto de Investigación y Desarrollo em Água Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Racurso Hídrico de la Universidad Del Valle
COD:	Carbono Orgânico Dissolvido
CODB:	Carbono Orgânico Dissolvido Biodegradável
CR:	Caderno Regional
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DENAE:	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EAWAG:	Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology
ETA:	Estação de Tratamento de Água
EUA:	Estados Unidos da América
FiME:	Filtração em Múltiplas etapas
FEAGRI:	Faculdade de Engenharia Agrícola
FINAN:	Fundo de Investimento da Amazônia
FL:	Filtro Lento
FLA:	Filtro lento de areia
FLACAG:	Filtro lento com areia e carvão ativo granular
FUCAPI:	Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica
FUNAI:	Fundação Nacional do Índio
FUNASA:	Fundação Nacional de Saúde
HIBAM:	Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica
IBGE:	Instituto Nacional de Geografia e Estatística

IHE:	International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering
IPAAM:	Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
IRC:	International Water and Sanitation Centre
MES:	Matéria em Suspensão
MH:	Material húmico
MS:	Ministério da Saúde
NMP:	Número mais provável
PA:	Pará
PETCON:	Planejamento em Transporte e Consultoria
PFD:	Pré-filtro dinâmico
PFV:	Pré-filtro vertical
PFVA:	Pré-filtro vertical ascendente
PFVAC:	Pré-filtro vertical ascendente com pedregulho em camadas na mesma unidade
PFVAS:	Pré-filtro vertical ascendente com as camadas em unidades em série
PLACAG:	Filtro lento em areia e carvão ativado granular
PG:	Pré-filtro de pedregulho
pH:	Potencial de Hidrogênio
PNRH:	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PREOX:	Pré-oxidação com ozônio
PVC:	Cloreto de polivinila
Q _{mín} :	Vazão mínima
Q _{máx} :	Vazão máxima
RH:	Região Hidrográfica
R _{me} :	Relação entre as vazões máximas e mínimas de um curso d'água
SAF:	Sulfato de Alumínio Ferroso
SNIS:	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SST:	Sólidos Suspensos Totais
UNICAMP:	Universidade Estadual de Campinas
U.S.:	United States

Lista de Símbolos

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
CaCO ₃ /L	Dureza – carbonato de cálcio por litro
Cd	Cádmio
Cl	Cloro
Cl _e ⁻	Cloreto
cm	Centímetro
cm/km	Centímetro por quilômetro
Cu	Cobre
Fe	Ferro
FTU	Unidade de Turbidez de Formazina
g	Grama
g/m ³	Grama por metro cúbico
h	Hora
K	Potássio
kg	Quilograma
km	Quilômetro
km ²	Quilômetro quadrado
L	Litro
L/h	Litro por hora
L/s	Litro por segundo
L/(s.km ²)	Litro por segundo por quilômetro quadrado
L.s ⁻¹ .km ⁻²	Litro por segundo por quilômetro quadrado
m	Metro
mca	Metro de coluna d'água

mg	Miligrama
mg/cm ³	Miligrama por centímetro cúbico
Mg	Magnésio
mgC.L ⁻¹	Miligrama de carbono por litro
mg/L	Miligrama por litro
mg/Pt/L	Miligrama de prata por litro
M.H.	Material húmico
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mm/s	Milímetro por segundo
m/s	Metro por segundo
m ²	Metro quadrado
m ² /m ³	Metro quadrado por metro cúbico
m ³	Metro cúbico
m ³ /d	Metro cúbico por dia
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
m ³ /m ² .d	Metro cúbico por metro quadrado por dia
m ³ .s ⁻¹	Metro cúbico por segundo
N	Nitrogênio
Na	Sódio
Ni	Níquel
NTK	Nitrogênio Total Kjeldhal
NTU	Unidade de Turbidez de Nefelométrica
HMP	Número mais provável
nm	Nanometro
nm.(cm ⁻¹)	Nanometro por centímetro
s	Segundo
Pb	Chumbo
Pt	Fósforo total
SiO ₂	Silicato
SO ₄ ⁻	Sulfato
t/m ³	Tonelada por metro cúbico

uH	Unidade Hazen
UPA/mL	Unidade padrão de área por mililitro
uT	Unidade de turbidez
VCC	Volts em corrente contínua
Zn	Zinco
µg/L	Micro grama por litro
µg.L ⁻¹	Micro grama por litro
µm	Micro metro
µS	Micro Siemens
µS/cm	Micro Siemens por centímetro
µS.cm ⁻¹	Micro Siemens por centímetro
µS/m	Micro Siemens por metro
‘	Minuto
”	Polegada
~	Aproximadamente
%	Percentual
>	Maior
<	Menor
°C	Graus centígrados
°	Grau

1- INTRODUÇÃO

“...dissemina-se a sensação de que o amazônida é responsável pela manutenção do bem estar ambiental do planeta. Dele exige-se toda a sorte de sacrifícios para beneficiar o planeta, ainda que isso choque com o seu direito a uma vida materialmente mais confortável. Desse modo, o amazônida, em nome da qualidade planetária, é segregado como intruso em seu próprio território e não tem nenhuma compensação por tal ato de abdicação de si. A Região Amazônica passa a ser o Paraíso e os seres humanos que o habitam estão privados do direito de ter as mesmas necessidades dos demais moradores da Terra. Afinal, no Paraíso, não devem existir necessidades básicas para serem atendidas...” (HANAN e BATALHA (1999)).

O tema água, tomando como referência a Amazônia, remete-nos a uma visão de abundância, uma vez que é notório o volume de água do Rio Amazonas. Embora, possa se apresentar como um contra-senso, também existe uma realidade de seca nesta região, que ocorre no verão amazônico. A cota altimétrica (em relação ao nível do mar) do Rio Negro, no centro de Manaus (hidroviária), passa de um valor superior a 29 m na época de cheia, para um valor inferior a 14 m na época de seca. O pico histórico de cheia no local foi registrado em 2009, quando a cota chegou a 29,77 m, já o pico histórico de seca foi registrado em 2010, quando a mesma cota chegou a 13,63 m.

Esta grande variação sazonal de nível é um dos problemas enfrentados pelos sistemas de abastecimento de água na Região Amazônica. A população também enfrenta o problema de falta de investimentos para a implantação/ampliação destes sistemas. Assim, parte da população é obrigada a consumir água sem qualquer tipo de tratamento. Lembra-se que a concessionária dos serviços de água e esgoto em Manaus

é privada, diferentemente dos municípios do interior do Amazonas. Todavia, em função da deficiência da prestação dos serviços por estes órgãos (públicos), também há atuação, entre outros, da FUNASA, da FUNAI e do Exército Brasileiro, como agentes fomentadores e/ou prestadores dos serviços de saneamento nas regiões mais isoladas.

Outro problema enfrentado na implantação, operação e manutenção de sistemas de abastecimento na Amazônia é a grande extensão territorial dos municípios desta região e a distância de alguns deles em relação à capital do estado, que chega, em linha reta, a ser de cerca de 1.570 km entre Manaus e Guajará, o que dificulta o acesso destes municípios aos serviços de saneamento básico. Segundo informações da FUNASA (2007), excetuando-se o município de Manaus e o estuário do Rio Amazonas, existe uma população superior a um milhão de habitantes vivendo em áreas de várzea e, em sua grande maioria, desprovidas de qualquer serviço de saneamento básico.

Neste contexto, o desenvolvimento de estudos e de pesquisas aplicadas sobre sistemas alternativos de tratamento de água, adaptados à realidade da Região Amazônica, atende a uma demanda por água tratada nos inúmeros municípios e comunidades isoladas e/ou ribeirinhas, as quais, na grande maioria das vezes, não possuem qualquer sistema de potabilização e abastecimento de água, além de também atender Item V do Art. 2º da LDNSB (Lei 11.445/2007) que indica a “adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais”.

Várias instituições acadêmicas e de pesquisa propõem a utilização da tecnologia FiME para o tratamento de água para pequenas comunidades e também onde a mão-de-obra qualificada e a logística são um problema para as estações de tratamento, todavia, esta tecnologia ainda não havia sido estudada para as águas brancas e pretas da Região Amazônica, motivo pelo qual houve a proposição deste estudo, que utiliza a FiME como base para o desenvolvimento de tecnologia alternativa para o atendimento à demanda por água tratada na Amazônia.

2- OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto de pesquisa é o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento das águas brancas e pretas da Região Amazônica, com a definição de seus parâmetros de projeto, sendo estas desenvolvidas a partir da tecnologia da Filtração em Múltiplas Etapas (FiME). As tecnologias estão adaptadas para o dimensionamento de sistemas de tratamento para as águas estudadas, contribuindo para a concepção e dimensionamento de estações de tratamento de água que visam o atendimento às populações ribeirinhas, isoladas e/ou de pequenos municípios, que não são atendidos por serviço de abastecimento de água potável.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Utilizar a FiME como base para o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento das águas brancas e pretas da Região Amazônica, de maneira a subsidiar o suprimento da demanda por água potável, através do monitoramento dos parâmetros de pH, cor verdadeira, cor aparente, turbidez e coliformes termotolerantes;
- Definir as etapas das tecnologias desenvolvidas, contemplando as adaptações e/ou etapas complementares à FiME, necessárias para o tratamento das águas brutas brancas e pretas, ambas encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas;
- Descrever um parecer pessoal sobre as dificuldades encontradas no desenvolvimento de pesquisas aplicadas na Amazônia.

3- REVISÃO DA LITERATURA

Há diversas fontes de informações sobre as características da Região Amazônica, todavia, estas se encontram dispersas em inúmeras publicações, de diferentes autores, disponibilizadas de variadas formas e em locais distintos. Desta forma, buscou-se concentrá-las e disponibilizá-las neste estudo, de maneira guiar os leitores no conhecimento das características da região em um único documento.

Também se reúne, neste documento, informações sobre a tecnologia de tratamento de água por Filtração em Múltiplas Etapas – FiME, que baseou o desenvolvimento das tecnologias geradas e disponibilizadas através este estudo.

3.1 Características hidrográficas da Região Amazônica

Segundo CUNHA (2006), o Rio Amazonas não é, como muitos outros, um rio de falha, isto é, uma depressão originada por um afundamento brusco do terreno geológico de modo a criar uma calha que passa a drenar a área. Esse é o caso, por exemplo, do Rio Paraná. O Amazonas, pelo contrário, é o que restou de um mar: um profundo golfo, encaixado entre dois grandes escudos cristalinos, isto é, duas plataformas formadas de rochas primitivas, graníticas, uma ao norte (o chamado Escudo das Guianas) e outra ao sul (Escudo do Brasil Central), sendo fechado do lado Atlântico pelo Escudo Africano que, nessa época, ainda não havia sido separado da América. De fato, as perfurações realizadas no solo de toda a bacia revelam, abaixo dos depósitos sedimentares de origem fluvial, extensos sedimentos marinhos de enorme espessura. Esses sedimentos chegam até a superfície atual, nos locais mais elevados, em ambas as margens do rio,

onde não puderam ser muito longamente inundados pelas águas fluviais. Isso se observa, curiosamente, nas porções do Amazonas situadas "abaixo" de Manaus (entre Manaus e o oceano) que, primitivamente, eram as partes mais "altas" do rio.

Ainda segundo a mesma autora, alguns interessantes processos dinâmicos ocorridos na crosta terrestre modificaram esse panorama. Há mais de 100 milhões de anos, no Período Carbonífero, houve um levantamento do continente. Como consequência o mar "afastou-se", na medida em que áreas muito baixas se elevaram, a poucos metros acima da superfície oceânica, no fenômeno denominado regressão marinha. O leito primitivo da enorme depressão, elevando-se acima do nível do mar, deixou de constituir um golfo; porém, sendo mais baixo que o restante da superfície terrestre, passou a receber todas as águas de chuvas provenientes da drenagem dessa parte do continente. Nessa condição, o antigo mar interior passou a constituir um verdadeiro e imenso rio correndo na direção do Oceano Pacífico. Em seguida (há menos de 70 milhões de anos), o continente africano se separou do nosso, encurtando a distância, a leste, até o Oceano Atlântico. Mas só bem mais tarde, há cerca de 12 milhões de anos, já no Terciário, a elevação da Cordilheira dos Andes, uma imponente barreira no lugar onde existiam depressões e mares internos, bloqueou a saída do rio para o Pacífico, obrigando-o a fluir em direção contrária, para despejar suas águas no Oceano Atlântico, como faz até hoje.

Segundo informações contidas no Plano Nacional de Recursos Hídricos, a Bacia Hidrográfica Amazônica, em território brasileiro, apresenta uma área de 3.843.402 km² e a vazão média de longo período estimada para o Rio Amazonas é da ordem de 108.982 m³/s (68 % do total do País) (PNRH (2006)).

Na Figura 1 é apresentada a delimitação aproximada da Bacia Hidrográfica Amazônica, que abrange áreas de nove países da América do Sul, sendo eles o Brasil, Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa. Em território brasileiro, a Região Amazônica incorpora áreas territoriais dos estados do Amazonas, Acre, Roraima, Amapá, Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso e Rondônia.

Na Figura 2 apresenta-se uma imagem de satélite onde se pode observar os maiores rios da Bacia Hidrográfica Amazônica. Já na Figura 3 são apresentadas as suas principais sub-bacias hidrográficas.



Figura 1: Delimitação aproximada da Bacia Hidrográfica Amazônica

Fonte: Milko (2001)



Figura 2: Vista de satélite da Região Amazônica

Adaptado de Google Earth

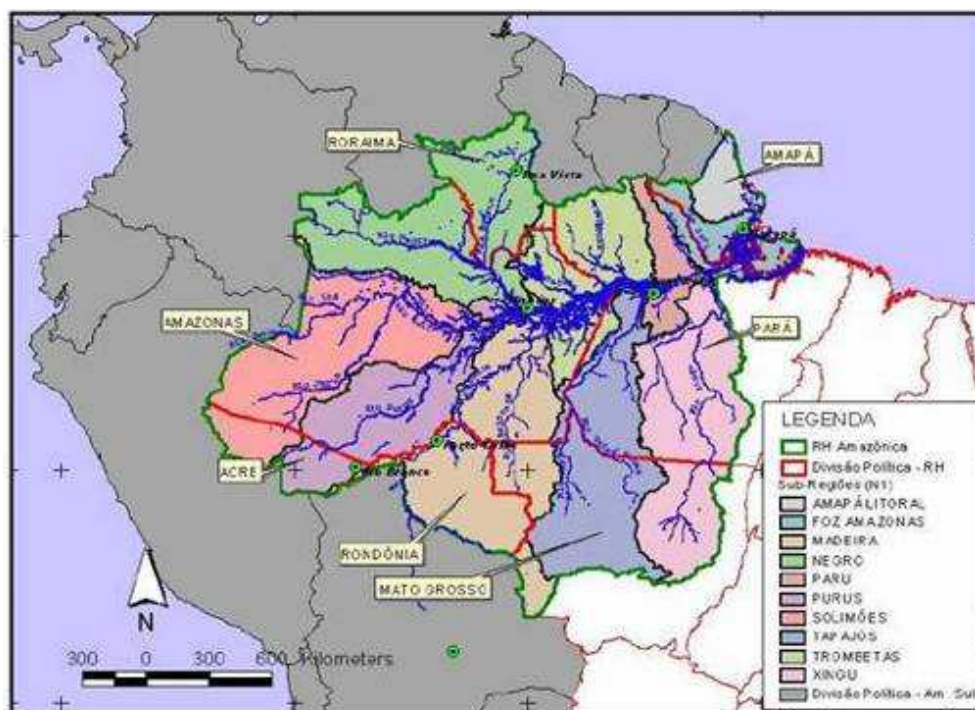


Figura 3: Principais sub-bacias da Região Hidrográfica Amazônica

Fonte: PNRH (2006)

A disponibilidade hídrica da Bacia Amazônica é tão grande que, segundo PORTAL AMAZÔNIA (2006), em 06/1963, o U. S. Geological Survey, associado a uma universidade e à Marinha de Guerra do Brasil, mediu a vazão do Amazonas em Óbidos-PA, encontrando um valor de 216.342 m³/s. Vale lembrar que Óbidos-PA é ponto da região onde o Rio Amazonas possui sua menor largura, 2.345 m, medidos em 24/11/1999 (HIBAM (1999)), e também que, à jusante deste ponto, o Rio ainda recebe caudalosos afluentes, como os Rios Tapajós, Xingu, Pará e Jarí, além do Rio Tocantins.

Segundo o Programa Hidrologia da Bacia Amazônica (HIBAM (1999 e 2002)) as medições da vazão do Rio Amazonas, em Óbidos-PA, realizadas em 24/11/1999 e em 05/12/2001, foram de 85.500 m³/s e 95.200 m³/s, respectivamente.

A grande variação entre as medições se explica em função das épocas diferentes da medição, uma vez que PORTAL AMAZÔNIA (2006) apresenta a medição de vazão do Rio no pico da cheia, já o HIBAM (1999 e 2002) apresentam a medição no final da época da seca e início da cheia nos rios amazônicos.

Outra fonte que comprova a abundância de água da Bacia Amazônica é Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH (2006)), que, em seu Caderno Regional (CR) da Região Hidrográfica (RH) Amazônica, informa o valor da vazão do Rio Amazonas. Na Tabela 1 são apresentadas estas informações, que não possuem a data da medição definida.

Tabela 1: Informações sobre a vazão de água do Rio Amazonas

Local	Área de drenagem (km ²)	Vazão (m ³ /s)	Vazão específica (L/(s.km ²))	Rme (Q _{máx} /Q _{mín})
Manaus-AM	2.854.300	131.600	46,1	2
Óbidos-PA	4.618.650	168.700	35,5	2
Foz	6.112.000	209.000	34,2	-

Fonte: PNRH (2006)

Na Tabela 2 são apresentadas informações sobre os principais rios constituintes da Bacia Hidrográfica Amazônica.

Tabela 2: Características dos principais rios da Bacia Hidrográfica Amazônica

Bacia do Rio	Área de drenagem ¹ (km ²)	Vazão ² (m ³ .s ⁻¹)	Vazão específica ³ (l.s ⁻¹ .km ⁻²)	Rme (Q _{max} /Q _{min})
Solimões (SP de Olivença)	990.780	46.500	46,9	2
Purus	370.000	11.000	29,7	13
Solimões (Manacapuru)	2.147.740	103.000	48	2
Negro	696.810	28.400	40,8	3 a 8
Amazonas (Jusante Manaus)	2.854.300	131.600	46,1	2
Madeira	1.420.000	31.200	22	5 a 15
Amazonas (Óbidos)	4.618.750	168.700	35,5	2
Tapajós	490.000	13.500	27,6	5 a 15
Xingu	504.300	9.700	19,2	5 a 15
Amazonas (Foz)	6.112.000	209.000	34,2	-
Japurá	248.000	18.620	75,1	1,7 a 2,5
Içá	143.760	8.800	61,2	1,7 a 2,5
Jutaí	77.280	3.020	39,1	5 a 15
Juruá	185.000	8.440	45,6	5 a 15
Jari	58.000	1.880	32,4	3 a 8
Trombetas	128.000	2.555	20	3 a 8

OBS: 1-Quando não indicada a localidade, a área corresponde àquela controlada por estação hidrológica na foz do rio mais próximo a ela. 2-Vazão média de longo período calculada na estação de controle. 3-Vazões específicas calculadas utilizando-se as áreas de drenagem das estações de controle. As estações hidrológicas utilizadas são da rede hidrométrica nacional sob gerência da Agência

Nacional de Águas. Áreas de drenagem segundo divisão hidrográfica do extinto DNAEE

Fonte: Modificado de Filizola (1999), citado por PNRH (2006)

3.2 Características das águas superficiais da Região Amazônica

A Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas é marcada por uma complexa rede hídrica. Os rios que a compõem apresentam três diferentes características de água bruta, sendo elas as águas claras, brancas e pretas (ou negras).

Para ALBUQUERQUE (2005), a Região Amazônica possui uma configuração geológica-geomorfológica expressivamente diversificada, gerando uma complexa e densa rede fluvial composta por três subsistemas hidrográficos, onde a diferença de tonalidade (cor e turbidez) das águas é um traço marcante. Desse modo, torna-se evidente a existência de um sistema de águas claras ou esverdeadas, originado em regiões periféricas do planalto central, onde o principal representante é o Rio Tapajós; um sistema de águas escuras com nascentes localizadas em faixas circunjacentes ao Planalto das Guianas, cujo representante é o Rio Negro e, por fim, um sistema de águas brancas ou barrentas, originado na Cordilheira dos Andes, onde o Rio Solimões é o principal representante.

Segundo o Caderno Regional (CR) da Região Hidrográfica (RH) Amazônica, constituinte do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH (2006)), os três tipos de águas superficiais característicos da Região Hidrográfica Amazônica são assim descritos:

- Os rios de água clara são, geralmente, transparentes, mas chegando a apresentar coloração esverdeada nos rios de maior profundidade, originados em terrenos cristalinos, principalmente os Escudos Guianense e Brasileiro, onde o processo erosivo, comparativamente ao existente na Região Andina e Sub-Andina, desfavorece o transporte de grandes massas de material em suspensão;
- Os rios de água branca possuem elevada turbidez e carregam grande quantidade de matéria em suspensão, em consequência da intensa erosão, resultante, entre outros fatores, da forte declividade da bacia na porção Andina e Sub-Andina;

Já os rios de água preta ou negra, possuem grande quantidade de ácidos húmicos em suas águas, sendo os mesmos responsáveis pela sua coloração escura. As propriedades químicas destas águas são determinadas pelos solos arenosos e pela vegetação característica que nelas floresce, conhecida como Campinarana.

Vários encontros dessas águas de diferentes características ocorrem na Amazônia, sendo que a explicação para tal fenômeno está nas diferenças das propriedades físicas, físico-químicas e químicas das águas dos rios envolvidos, como: densidade, temperatura, velocidade, profundidade, pH e condutividade. Em termos de turismo, dois dos mais famosos são os encontros das águas do Rio Negro e Rio Solimões, nas proximidades de Manaus-AM e também o do Rio Amazonas e Rio Tapajós, em Santarém-PA.

As Figuras 4 e 5 apresentam os principais encontros das águas da Região Amazônica, sendo eles o encontro das águas dos Rios Negro e Solimões e das águas dos Rios Tapajós e Amazonas.

A junção dos Rios Negro e Solimões é marcada por uma característica, suas águas escuras e claras, respectivamente, dão a impressão de correr lado a lado por mais de 6 quilômetros, formando o Rio Amazonas, até chegar ao Oceano Atlântico. Segundo CUNHA (2006), a explicação para o fenômeno está nas diferenças nas propriedades físicas e químicas das águas barrentas e ricas em nutrientes do Solimões, que empurram as águas escuras e pobres em nutrientes do Rio Negro para perto das margens. O Rio Solimões é mais denso ($\sim 0,998$) que o Rio Negro ($\sim 0,997$), tem condutividade elétrica dez vezes superior (134 e 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente), além da sua vazão e velocidade ser em cerca de três vezes maiores que as do Rio Negro, o que faz com que o Rio Solimões “atrole” o Rio Negro, que possui temperatura mais alta e água mais ácida. Na Figura 6 são apresentadas as diferentes características destes rios.



Figura 4: Encontro das águas dos Rios Negro (escura) e Solimões (barrenta)



Figura 5: Encontro das águas dos Rios Tapajós (verde) e Amazonas (barrenta)

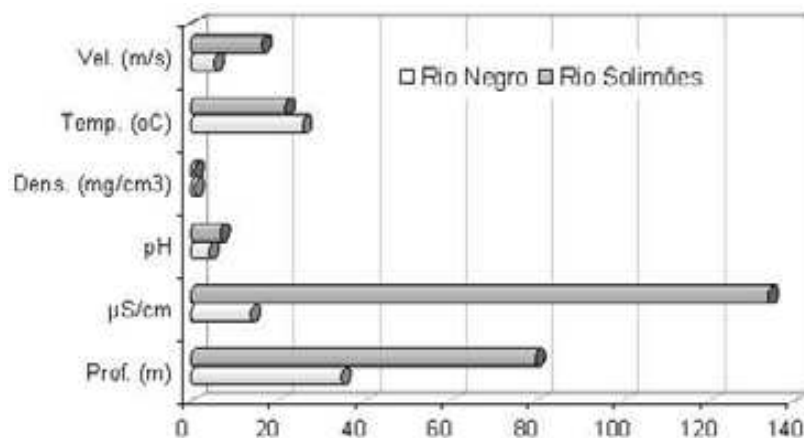


Figura 6: Características das águas dos Rios Negro e Solimões

Fonte: CUNHA (2006)

Segundo CUNHA (2006), a diferença grande da profundidade das águas é outra característica entre os rios. A profundidade média do Rio Negro varia entre 30 a 35 metros, enquanto a do Solimões pode chegar a 80 metros, sendo que o fundo dos dois rios se situa abaixo do nível do mar. A cerca de 12 km à jusante do encontro dos dois rios, as águas do Rio Negro já estão bastante misturadas com as do Solimões. No entanto, a sua homogeneização completa só acontece 100 km depois. Ela é retardada pela chegada, na margem esquerda do Amazonas, dos Rios Preto da Eva e Urubu, de águas-negras e, na margem direita, do Madeira (também de origem andina e águas-brancas) e de um braço do Solimões que contorna a ilha de Careiro, no município de Careiro da Várzea-AM.

Na Tabela 3 são apresentadas algumas características dos três tipos de águas típicos da Região Amazônica.

Tabela 3: Características típicas das águas da Região Amazônica

Tipo de água	Rio típico	Origem das águas	Condut. Elétrica (µS/cm)	pH	Carga de MES (mg/L)
Branca	Solimões, Madeira, Juruá e Purus	Andina e sub-andina	> 60	6,5 a 7	> 100
Verde	Trombetas, Tapajós e Xingu	Escudos	6 a 5	5 a 6	< 100
Preta	Negro, Uatumã e Urubu	Escudos e solos arenosos	8	4 a 5,5	< 10

Fonte: PNRH (2006)

Para o desenvolvimento desta pesquisa, excluiu-se as águas claras (verdes) originadas no Planalto Central, sendo priorizadas as águas escuras (pretas) e as águas barrentas (brancas) da Região Amazônica, em função tanto da menor dificuldade de tratamento destas águas claras, como também pela grande distância dos rios com esta coloração em relação à cidade de Manaus-AM (onde a pesquisa foi realizada).

Na Tabela 4 são apresentas algumas características de águas brutas encontradas em literaturas científicas sobre rios coma as mesmas características dos rios que foram estudados, os quais são característicos da Bacia Amazônica (rios de águas brancas e pretas).

Tabela 4: Características das águas brancas e pretas de diferentes mananciais da Região Amazônica

Manancial e referências	Rio Negro à montante de Manaus-AM (02 a 09/98)	Rio Negro à montante de Manaus-AM (24/11/99)	Rio Negro na comunidade Paricatuba, próximo a Manaus-AM (28/11/2001)	Rio Solimões em Manacapuru-AM (24/11/1999)	Rio Solimões à montante do encontro com o Rio Negro (28/11/2001)	Rio Amazonas em Óbidos-PA (24/11/1999)	Rio Amazonas em Óbidos-PA (5/12/2001)
	SARGENTINI (2000)	HIBAM (1999) (água negra)	Manaus-AM (28/11/2001) HIBAM (2001) (água negra)	HIBAM (1999) (água branca)	Manacapuru-AM (28/11/2001) HIBAM (2001) (água branca)	HIBAM (1999) (água branca)	HIBAM (2001) (água branca)
Parâmetro	5,0 (água negra)	5,00	5,40	7,07	7,2	6,77	7,20
pH	5,0	5,00	5,40	7,07	7,2	6,77	7,20
Condutividade	7-9 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	8,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	99,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$	91 $\mu\text{S}/\text{cm}$	61,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$	71,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperatura	29-32 °C	30,0 °C	32,1 °C	29,9 °C	32,7 °C	30,0 °C	30,4 °C
Cor	90 uH	-	-	-	-	-	-
Turbidez	18,0 FTU	15 NTU	7 NTU	108 NTU	127 NTU	65 NTU	123 NTU
MES	-	-	3 mg/L	-	149 mg/L	-	76 mg/L
COD	12 mg C/L	-	-	-	-	-	-
Ni	33,5 $\mu\text{g}/\text{L}$	-	-	-	-	-	-
Cu	38,5 $\mu\text{g}/\text{L}$	-	-	-	-	-	-
Zn	70 $\mu\text{g}/\text{l}$	-	-	-	-	-	-
Cd	< 0,1 $\mu\text{g}/\text{L}$	-	-	-	-	-	-
Pb	110 $\mu\text{g}/\text{L}$	-	-	-	-	-	-
Alcalinidade	-	-	1 mg/L	-	50 mg/L	-	24 mg/L

3.3 Bacia Hidrográfica do Rio Negro

Segundo MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2006), citado por CUNHA (2006), o Rio Negro é um afluente da margem esquerda do Rio Amazonas, nasce na Colômbia, na serra do Junai, sob a denominação de Guainia. A extensão total de seu curso é de cerca de 1.700 km, dos quais aproximadamente 1.200 km correm em território brasileiro. A bacia do Rio Negro tem forma bastante irregular, com uma ramificação para sudeste (no sentido do seu afluente, Rio Branco).

As Figuras 7 e 8 apresentam a localização do Rio Negro no território Brasileiro.



Figura 7: Localização do Rio Negro no Brasil

Fonte: AHIMOC - Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental/PETCON - Planejamento em Transporte e Consultoria Ltda, 2002), citado por CUNHA (2006)

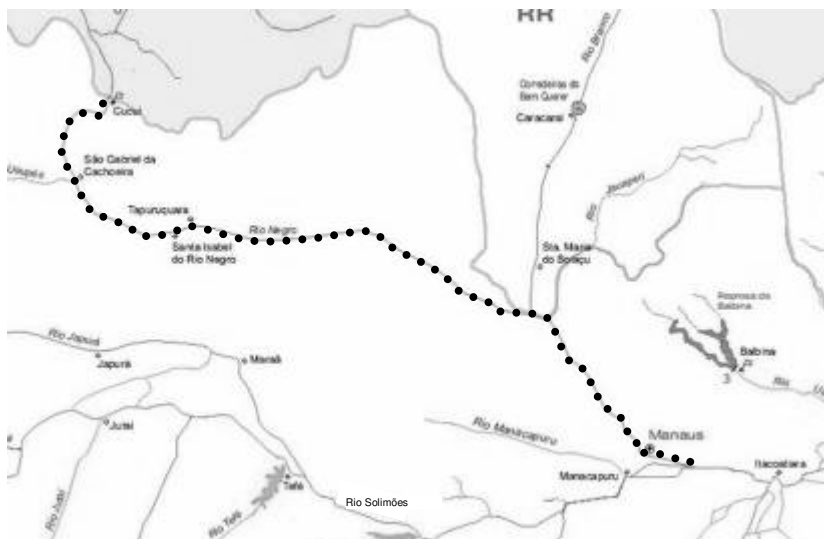


Figura 8: Localização do Rio Negro - pontilhado

Fonte: Modificado de MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2008a)

Dentro do território brasileiro, pode-se dividir o percurso do Rio Negro, em trechos diferenciados de navegabilidade, devido às suas características físicas.

O primeiro trecho, de sua foz, no Amazonas, até as proximidades da cidade de Novo Airão-AM, conta com 249 km de extensão. Neste trecho, o Rio varia muito de largura, tendo 24 km junto ao arquipélago de Anavilhanas (segundo maior arquipélago fluvial do mundo), 2 km, aproximadamente, na cidade de Manaus-AM e atingindo valores da ordem de 3 km, na confluência com o Rio Solimões. Apresenta inúmeras ilhas, nesta parte, havendo também várias passagens possíveis para a navegação.

O trecho seguinte, compreendido entre a cidade de Novo Airão-AM e a Barra do Rio Branco, conta com 100 km, aproximadamente. O Rio corre num leito mais regular e não apresenta problemas de navegabilidade para práticos experimentados.

O terceiro trecho estende-se entre a Barra do Rio Branco e a Vila Tapuruquara, com cerca de 452 km de extensão. A largura do Rio também é irregular, havendo grande variação de profundidades, neste trecho, de largura muito variável, localiza-se o Arquipélago de Mariuá (o maior arquipélago fluvial do mundo). À montante de Tupuruquara inicia-se o trecho do Rio que se caracteriza por apresentar corredeiras e cachoeiras.

A declividade geral do Rio Negro, até onde ele apresenta características típicas de rio de planície, ou seja, da sua foz, no Rio Amazonas, logo abaixo de Manaus, até a barra do Curicuari (km 955), é de 3 cm/km.

MAGALHÃES e JERONIMO (2009a) apresenta características e especificidades da bacia do Rio Negro, citando as oscilações de sua cota altimétrica em território brasileiro. Neste percurso, em direção à foz, o Rio Negro oscila positivamente, com medições altimétricas realizadas entre 06 e 08/04/2009, da cota de 5,79 m em São Gabriel da Cachoeira-AM, subindo para 6,84 m em Barcelos-AM, para 12,38 m em Barcelos (Moura)-AM e chegando a Manaus-AM na cota 27,82. As oscilações de nível são

apresentadas por MAGALHÃES e JERONIMO (2009a) de duas formas diferentes, uma a partir das cotas médias máximas e mínimas acompanhadas entre os anos de 1903 e 2008 e outra a partir das cotas altimétricas acompanhadas entre 04 e 06/04/09 (em datas próximas).

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentadas as cotas médias máximas e mínimas obtidas em longo período de monitoramento e cotas instantâneas, coletadas em datas próximas, do Rio Negro em território brasileiro.

Tabela 5: Cotas altimétricas máximas e mínimas do Rio Negro de 1903 a 2008

Local	Distância até a foz (km)	Valor médio anual da cota máxima (m)	Valor médio anual da cota mínima (m)
São Gabriel da Cachoeira	1.061	10,98	5,04
Santa Isabel do Rio Negro	781	9,99	4,44
Barcelos	656	8,75	2,23
Moura – Barcelos	557	13,73	4,49
Manaus	0	27,78	17,59

Fonte: MAGALHÃES e JERONIMO (2009a)

Tabela 6: Cotas altimétricas instantâneas do Rio Negro em datas próximas

Local	Distância até a foz (km)	Data da medição	Cota em (m)
Santa Isabel do Rio Negro	781	07/04/09	5,79
Barcelos	656	08/04/09	6,84
Moura - Barcelos	557	06/04/09	12,38
Manaus	0	08/04/09	27,82

Fonte: MAGALHÃES e JERONIMO (2009a)

Nas Figuras 9 e 10 são apresentados os gráficos das cotas médias anuais das cotas máximas e mínimas do Rio Negro e também das cotas em datas próximas ao longo do seu curso em território brasileiro, cujas escalas horizontais e verticais foram alteradas, de forma a se ter uma melhor visualização do efeito das oscilações do nível deste Rio em território brasileiro.

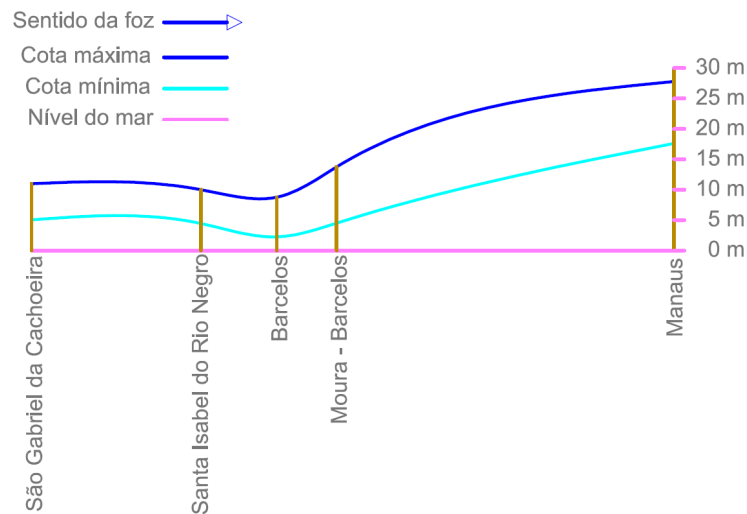


Figura 9: Oscilações do Rio Negro em território brasileiro (médias anuais)

Fonte: Modificado de MAGALHÃES e JERONIMO (2009a)

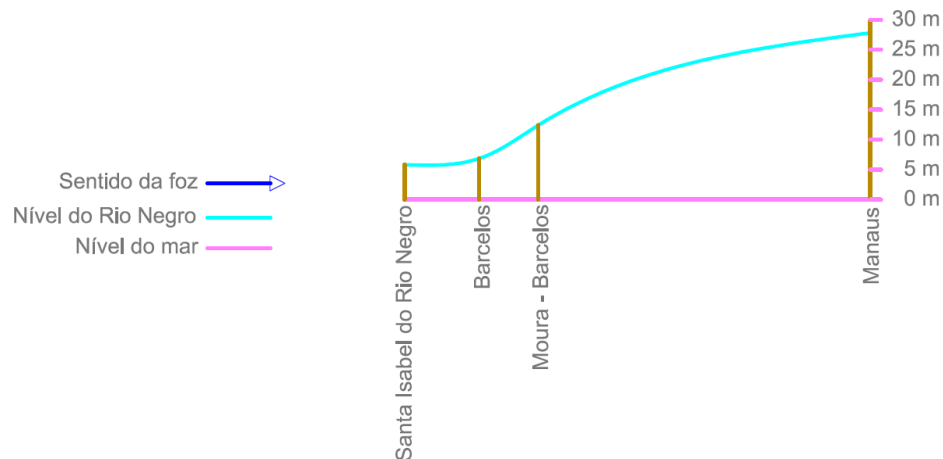


Figura 10: Oscilações do Rio Negro em território brasileiro (medições simultâneas)

Fonte: Modificado de MAGALHÃES e JERONIMO (2009a)

A Figura 11 apresenta os valores de pH, condutividade, cor e turbidez do Rio Negro. As águas deste Rio são bastante ácidas ($\text{pH} < 5$) e pouco ionizadas, como se observa pela baixa condutividade; a cor e a concentração de material húmico são altos, o que explica a sua coloração negra. O valor médio dos cátions é de 0,73 mg/L, esses valores indicam que esse Rio é pobre em sais dissolvidos, principalmente quanto a cálcio e magnésio, com predominância para o potássio (Figura 12).

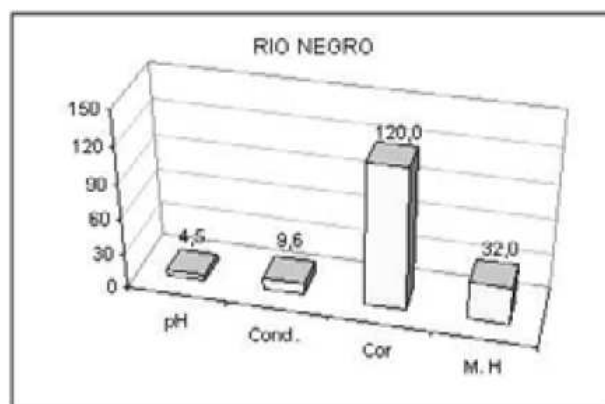


Figura 11: Valores de pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor ($\text{mg}/\text{Pt}/\text{L}$) e material húmico (M.H) no Rio Negro

Fonte: SANTOS e RIBEIRO, 1988 citado por CUNHA 2006

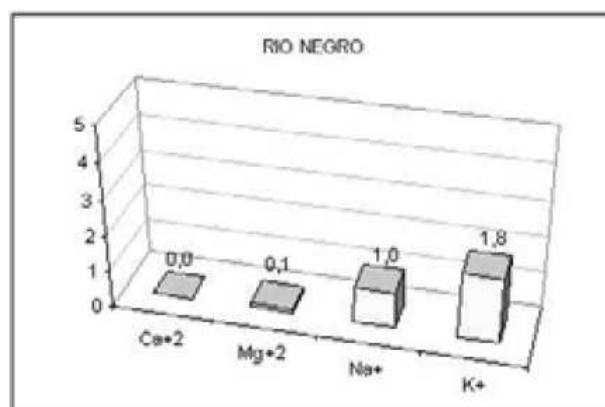


Figura 12. Concentrações de cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+}) no Rio Negro em mg/L

Fonte: SANTOS e RIBEIRO (1988) citados por CUNHA (2006)

Na medição realizada, a média de ânions foi de 1,62 mg/L, com predominância de sulfato e ausência de magnésio. Na amostra coletada também não foi detectada a presença de fósforo e foram baixas as concentrações de nitrogênio de Kjeldahl e de sílica em forma de silicatos. Os valores registrados representam bem a pobreza química dos solos por onde as águas correm (Figuras 13 e 14).

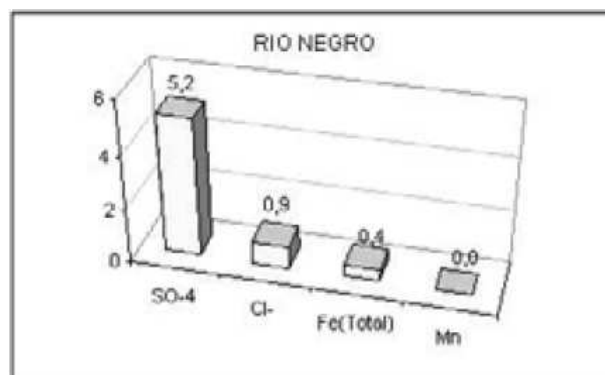


Figura 13: Concentrações de sulfato (SO⁴⁻), cloreto (Cl⁻), ferro total (Fe) e manganês (Mn) no Rio Negro em mg/L

Fonte: SANTOS e RIBEIRO (1988) citados por CUNHA (2006)

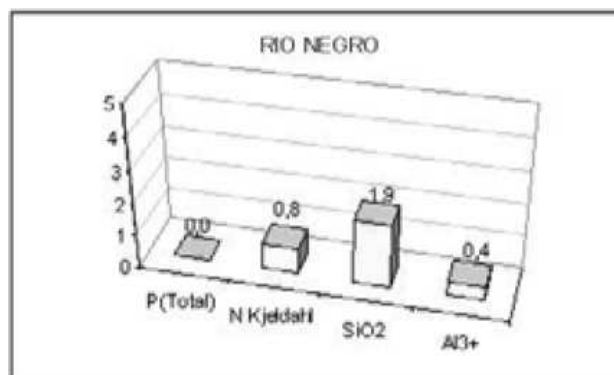
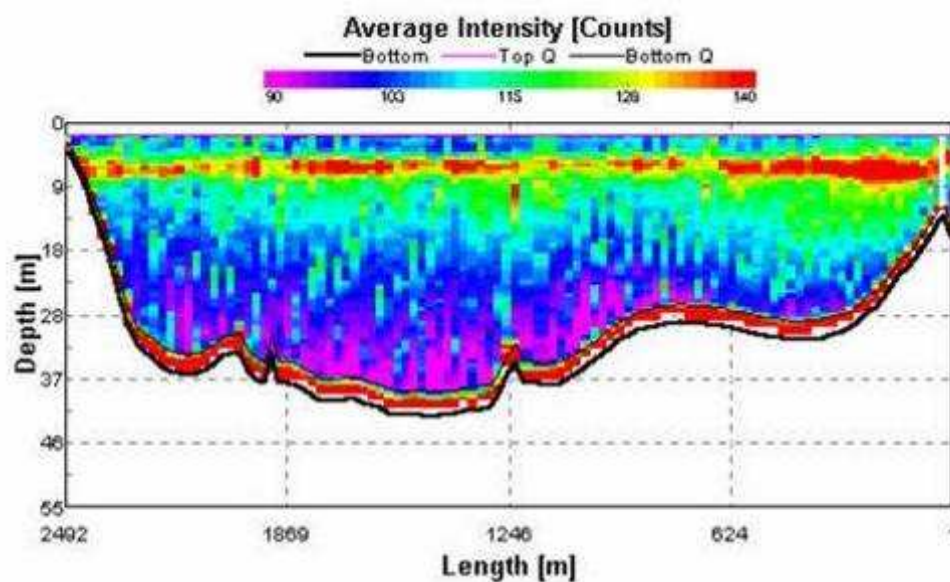


Figura 14. Concentrações de fósforo total (Pt), nitrogênio (NTK), silicato (SiO₂) e alumínio (Al⁺³) no Rio Negro em mg/L

Fonte: SANTOS e RIBEIRO (1988) citados por CUNHA (2006)

Na Figura 15 é apresentado, segundo HIBAM (2001), o perfil da calha do Rio Negro nas proximidades de Manaus-AM (Paricatuba), onde se pode observar a sua largura e profundidade (valores em metros (m)) e vazão média (valores em m³/s). Já na Tabela 7 são apresentadas as características da qualidade da água no mesmo local. Nesta medição, ocorrida em 28/11/2001, a vazão de água do Rio Negro, no local da medição (Paricatuba) foi de 12.360 m³/s.



OBS: Valores de vazão em m³/s

Figura 15: Perfil da calha do Rio Negro em Paricatuba

Fonte: HIBAM (2001)

Tabela 7: Características de qualidade das águas do Rio Negro em Paricatuba

Rio	Negro
Local	Paricatuba
Latitude	3°44.460'
Longitude	60°15.368'
Data	28/11/2001
Vazão (m³/s)	12.360
Temperatura (°C)	32,1
Condutividade (µS/cm)	8
pH	5,4
Turbidez (NTU)	7
MES (mg/L)	3
Alcalinidade (mg/L)	1

Fonte: Modificado de HIBAM (2001)

Na Tabela 8 são apresentadas as características das águas do Rio Negro junto à foz do Rio Tarumã Açu, à montante da cidade de Manaus-AM.

Tabela 8: Características da água do Rio Negro coletadas de fevereiro a setembro de 1998 à montante da cidade de Manaus-AM

pH	5,0
Condutividade	7-9 $\mu S\ cm^{-1}$
Temperatura	29-32 $^{\circ}C$
Cor	90 uH
Turbidez	18,0 FTU
COD	12 mg C L^{-1}
Capacidade de complexação	2,8 mmol Cu(II) $gCOD^{-1}$
Ni	33,5 $\mu g\ L^{-1}$
Cu	38,5 $\mu g\ L^{-1}$
Zn	70 $\mu g\ L^{-1}$
Cd	< 0,1 $\mu g\ L^{-1}$
Pb	110 $\mu g\ L^{-1}$

Fonte: SARGENTINI (2001)

3.4 Bacia Hidrográfica do Rio Solimões

O Rio Amazonas, considerando sua denominação internacional, possui sua nascente na Cordilheira dos Andes e a sua foz no Oceano Atlântico, nasce no lago Lauri ou Lauricocha, nos Andes do Peru, a pouco mais de 10° de Latitude Sul. Corre primeiramente na direção geral sul-norte, como um rio de montanha, com forte gradiente e vertentes muito altas. A partir do Pongo de Manseriche, seu curso se inverte definitivamente para a direção oeste-leste, até a foz, no Atlântico. Corre, então, quase sempre, a menos de 5° de latitude meridional. Nesse trecho, correspondente à maior parte do curso, o Rio Amazonas (segundo esta denominação internacional) tem declive muito fraco e divaga seu leito numa várzea, limitada pelas escarpas de um baixo tabuleiro sedimentar, segundo AHIMOC (2002), citado por CUNHA (2006).

Segundo CUNHA (2006), o curso médio do Rio Amazonas (segundo sua denominação internacional) vai do Pongo de Manseriche, no Peru, até a cidade brasileira de Óbidos, a cerca de 1.000 km da foz, onde já se fazem sentir os primeiros efeitos das marés. Os países diretamente banhados pelas águas do Rio Amazonas (segundo sua denominação internacional) são: Peru, Colômbia (num curto trecho) e Brasil; mas, compreendidos em sua bacia hidrográfica, estão, ainda: Bolívia, Equador, pequenos

trechos da Venezuela e a Guiana (antiga Guiana Inglesa). No Peru, o Rio tem os nomes de: Tunguragua, na parte mais alta e Marañon, até a foz do Ucayali; no Brasil, entre as bocas dos Rios Javari e Negro, é conhecido pela denominação de Rio Solimões. O Rio Amazonas tem 5.825 km de extensão. Repete-se com frequência que ele ocupa o terceiro lugar entre os rios mais longos do mundo, depois do Nilo (com 6.671 km) e do Mississippi-Missouri (6.019 km); no entanto, este último só é mais extenso que o Amazonas se o seu principal formador for considerado o Missouri.

Recentemente, uma expedição tcheco-peruana de geólogos e geógrafos, descobriu que a origem do Rio Amazonas está situada no Mismi, uma montanha de 5.597 metros na região peruana de Arequipa. Percorre mais de 5.000 km até alcançar sua foz, recebendo em toda sua extensão mais de 1.000 afluentes, formando a maior bacia hidrográfica do mundo. O Amazonas, além de ser o Rio com maior volume de água, é também o mais comprido do mundo. O estudo acabou com uma discussão de mais de 60 anos, revelando que o Amazonas mede 7.025 km, pelo menos 500 a mais que o Nilo, até então considerado o maior em comprimento (segundo NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY (2000), citado por CUNHA (2006)).

Destaca-se que o Rio Solimões é uma denominação brasileira para o trecho do Rio Amazonas (partindo-se da denominação internacional), que vai desde a sua entrada em território brasileiro, nas proximidades da sua confluência com o Rio Javari até a sua confluência com o Rio Negro, nas proximidades de Manaus-AM. No Brasil, segundo denominação nacional, o Rio Amazonas passa a existir com este nome apenas a partir da confluência do Rio Negro com o Rio Solimões.

Estas duas denominações para o Rio Amazonas, uma nacional, a partir do encontro das águas dos Rios Negro e Solimões até sua foz no Oceano Atlântico, e outra internacional a partir da Cordilheira dos Andes até o Oceano Atlântico, pode causar um pouco de dificuldade de compreensão, mas é uma realidade necessária para compreender as especificidades hídricas na Amazônia.

Segundo MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2008b) o Rio Solimões, que é uma denominação brasileira, apresenta uma extensão de 1.620 km, entre os municípios de Manaus e Tabatinga. A ligação entre os portos de Manaus e Tabatinga se faz, no período de águas altas (fevereiro a junho) com 8,0 m de calado, reduzindo-se na estiagem (julho a outubro), ao calado inferior a 4m. Nas cidades de Coari e Tefé existem instalações portuárias, sendo que nestes dois portos, seus acessos acontecem através de remansos ou lagos, formados de braços do Rio Solimões, e possuem calados, em águas mínimas, inferiores a 4,0 m, chegando a menos de 3,0 m durante o período crítico de estiagem.

As Figuras 16 e 17 apresentam a localização do Rio Solimões no território Brasileiro.



Figura 16: Localização do Rio Solimões no Brasil
Fonte: MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2008c)

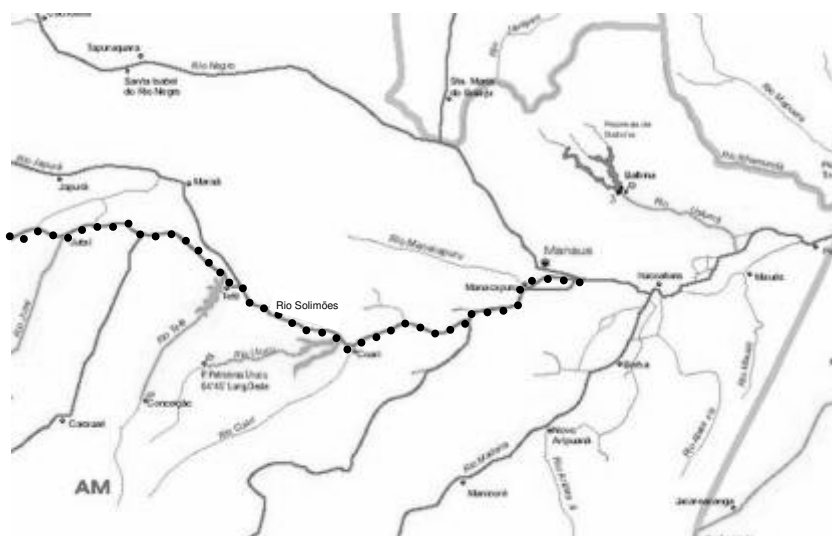


Figura 17: Localização do Rio Solimões - pontilhado
Fonte: Modificado de MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2008b)

MAGALHÃES e JERONIMO (2009b) apresenta características da bacia do Rio Solimões citando as oscilações do nível da cota altimétrica do Rio Solimões em território brasileiro. Neste percurso o Rio Solimões oscilou, com medições altimétricas realizadas entre 29/03/2009 e 06/04/2009 da cota de 12,41 m em Tabatinga-AM, passando para 21,37 m em Fonte Boa-AM, reduzindo-se a 15,74 m em Coari-AM e se elevando novamente a 18,40 m em Manacapuru-AM. As oscilações de nível são apresentadas pelo autor de duas formas diferentes, uma a partir das cotas médias máximas e mínimas acompanhadas antes os anos de 1971 e 2007 e outra a partir das cotas altimétricas acompanhadas entre 29/03 e 08/04/09 (em datas próximas).

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentadas as cotas médias máximas e mínimas obtidas em longo período de monitoramento e cotas instantâneas, coletadas em datas próximas, do Rio Solimões em território brasileiro.

Tabela 9: Cotas altimétricas máximas e mínimas do Rio Solimões de 1971 a 2007

Local	Distância até a foz (km)	Valor médio anual da cota máxima (m)	Valor médio anual da cota mínima (m)
Tabatinga – Benjamin Constant	1.600	12,07	2,42
São Paulo de Olivença	1.432	13,42	4,17
São Antônio do Içá	1.310	12,79	3,55
Fonte Boa	1.011	20,84	11,97
Tefé	663	13,65	3,58
Itapeuá - Coari	436	15,94	6,33
Manacapuru	102	18,59	8,66

Fonte: MAGALHÃES e JERONIMO (2009b)

Tabela 10: Cotas altimétricas instantâneas do Rio Negro em datas próximas

Local	Distância até a foz (km)	Data	Cota em (m)
Tabatinga – Benjamim Constant	1.600	08/04/09	12,41
Fonte Boa	1.011	07/04/09	21,37
Itapeuá – Coari	436	29/03/09	15,74
Manacapuru	102	06/04/09	18,40

Fonte: MAGALHÃES e JERONIMO (2009b)

Nas Figuras 18 e 19 são apresentados os gráficos das médias anuais das cotas máximas e mínimas do Rio Solimões e também das cotas em datas próximas ao longo do seu curso em território brasileiro, cujas escalas horizontais e verticais foram

alteradas, de forma a se ter uma melhor visualização do efeito das oscilações do nível deste Rio em território brasileiro.

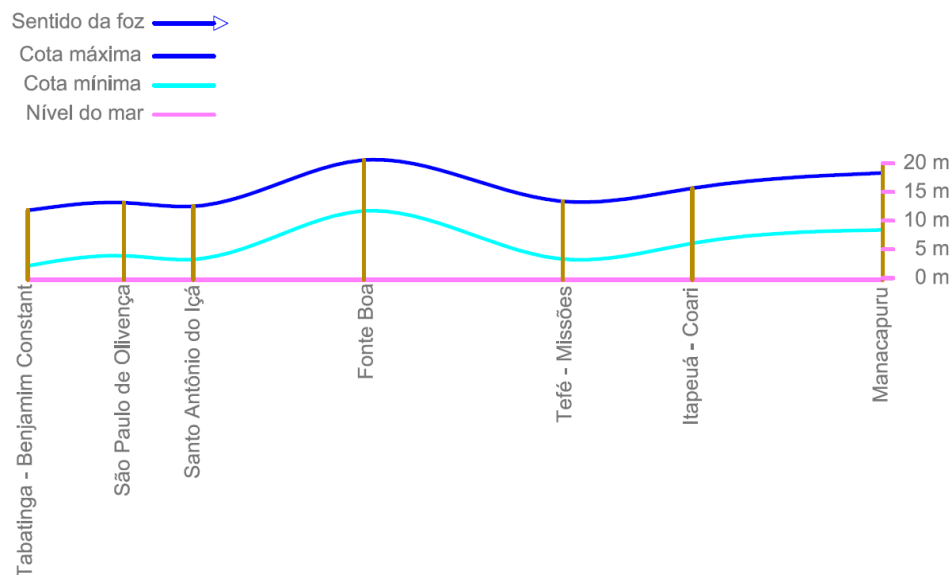


Figura 18: Oscilações do Rio Solimões em médias anuais

Fonte: Modificado de MAGALHÃES e JERONIMO (2009b)

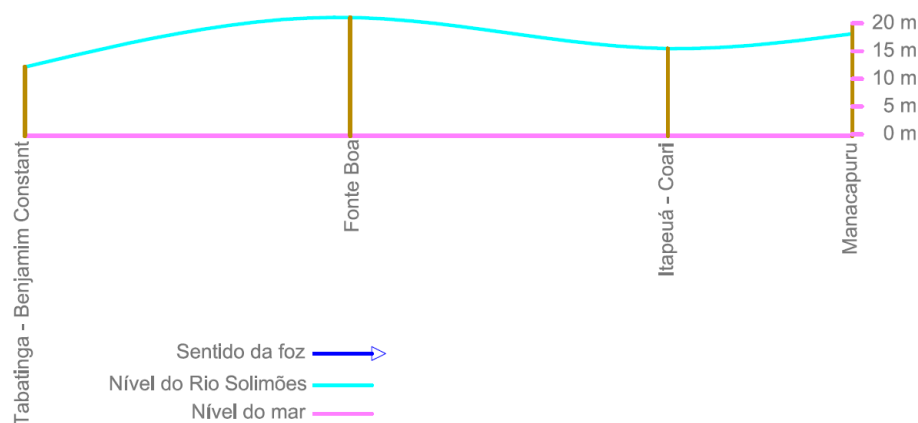


Figura 19: Oscilações do Rio Solimões em medições simultâneas

Fonte: Modificado de MAGALHÃES e JERONIMO (2009b)

Nas Figuras 20 e 21 são apresentados, segundo HIBAM (2001), os perfis da calha do Rio Solimões em Tabatinga-AM e à jusante da cidade de Tefé-AM, onde se pode observar a sua largura e profundidade (em m) e velocidade da água (em m/s). Nestas

medições, ocorridas em 18 e 23/11/2001, as vazões de água do Rio Solimões, nos locais das medições foram de 30.300 e 55.500 m³/s em Tabatinga-AM e Tefé-AM, respectivamente.

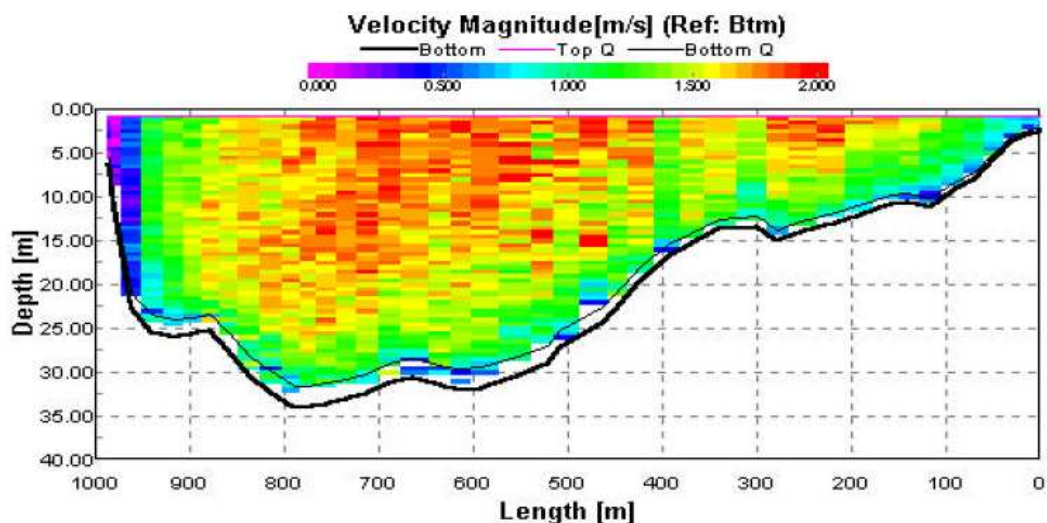


Figura 20: Perfil da calha do Rio Solimões em Tabatinga-AM

Fonte HIBAM (2001)

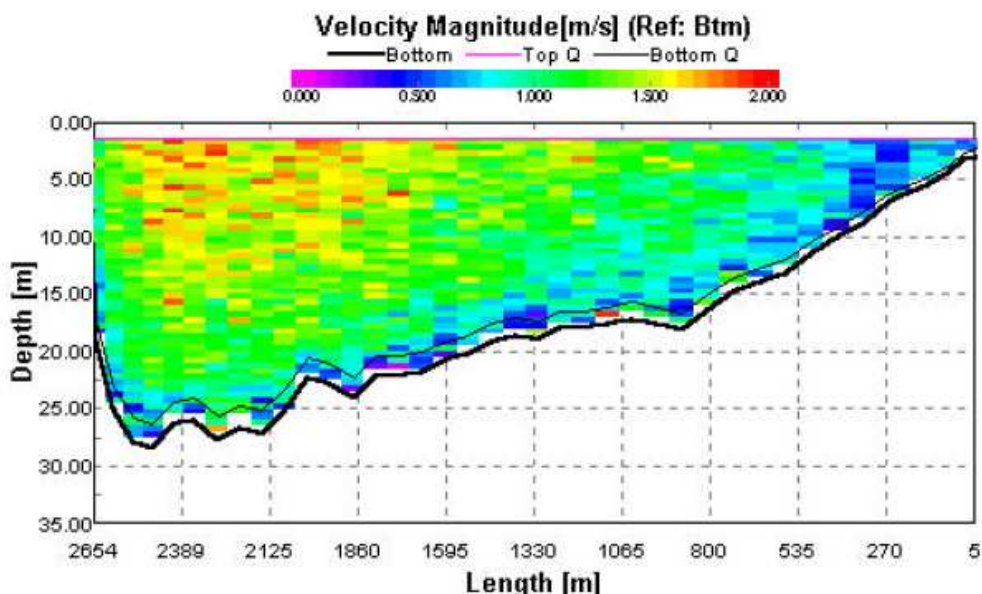


Figura 21: Perfil da calha do Rio Solimões à jusante da cidade de Tefé-AM

Fonte HIBAM (2001)

3.5 O serviço de saneamento na Região Hidrográfica Amazônica

O acesso da população da Região Hidrográfica Amazônica aos sistemas de saneamento básico, mais especificamente sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgoto, ainda é baixo se comparado com a média nacional. Inúmeros fatores contribuem para essa realidade, sejam eles o isolamento de alguns municípios ou comunidades, falta de verbas públicas para investimento em saneamento, falta de mão de obra especializada, de tecnologias adaptadas à realidade da região, entre outros.

Nas Figuras 22 e 23 são apresentados os índices de atendimento total de abastecimento de água e coleta de esgoto nos estados brasileiros, onde se verifica os baixos índices de atendimento dos estados da Região Amazônica (Acre, Amazonas, Roraima, Amapá, Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso e Rondônia) no ano de 2004.

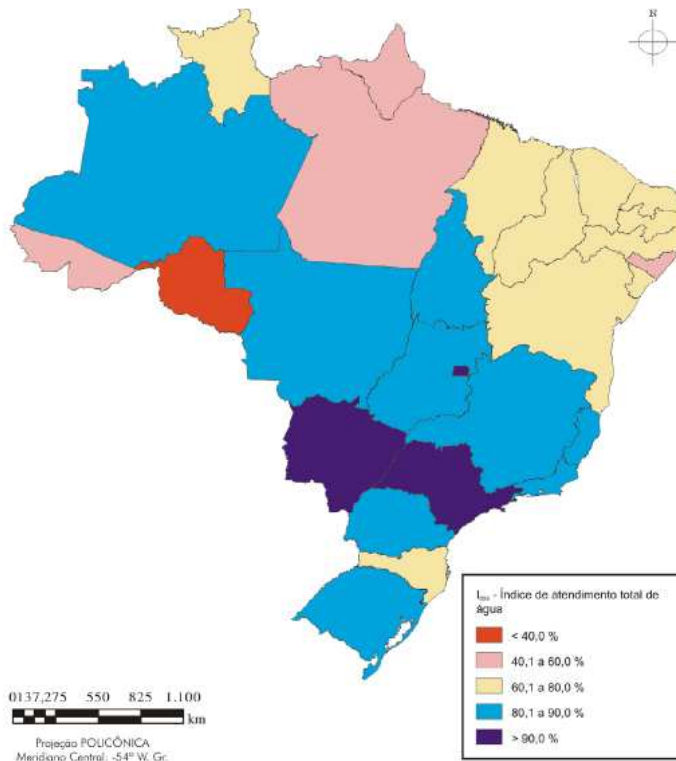


Figura 22: Índice de atendimento total de água no Brasil em 2004

Fonte: SNIS (2005)

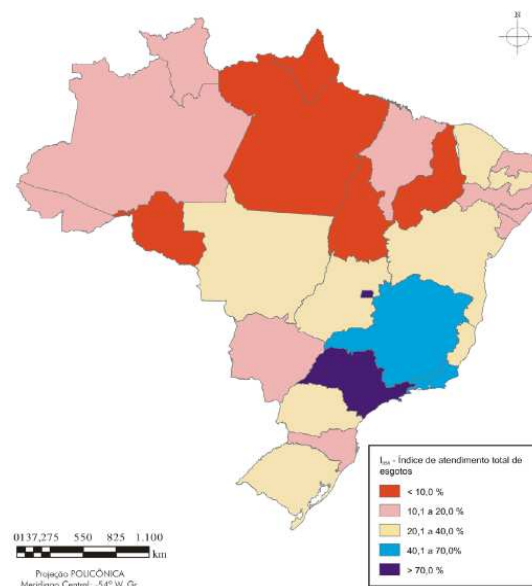


Figura 23: Índice de atendimento total de coleta de esgoto no Brasil em 2004

Fonte: SNIS (2005)

Um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas concessionárias dos serviços de abastecimento de água da Região Amazônica é o elevado índice de perdas de faturamento, conforme se apresenta na Figura 24, o que eleva o custo deste serviço.

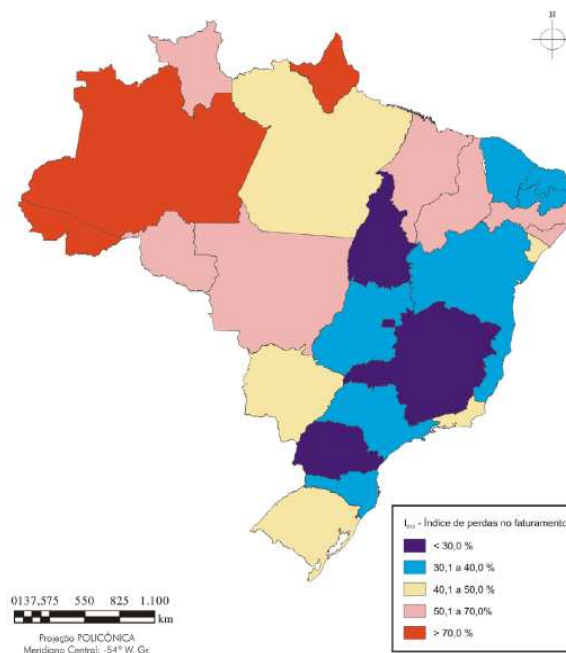


Figura 24: Índice de perdas de faturamento nos serviços de água em 2004

Fonte: SNIS (2005)

Nas Figuras 25 e 26 são apresentados os índices de atendimento total de abastecimento de água e coleta de esgoto nos municípios da Região Norte, onde se verifica os baixos índices de atendimento dos estados desta Região (Acre, Amazonas, Roraima, Amapá, Pará, Tocantins e Rondônia) no ano de 2004.

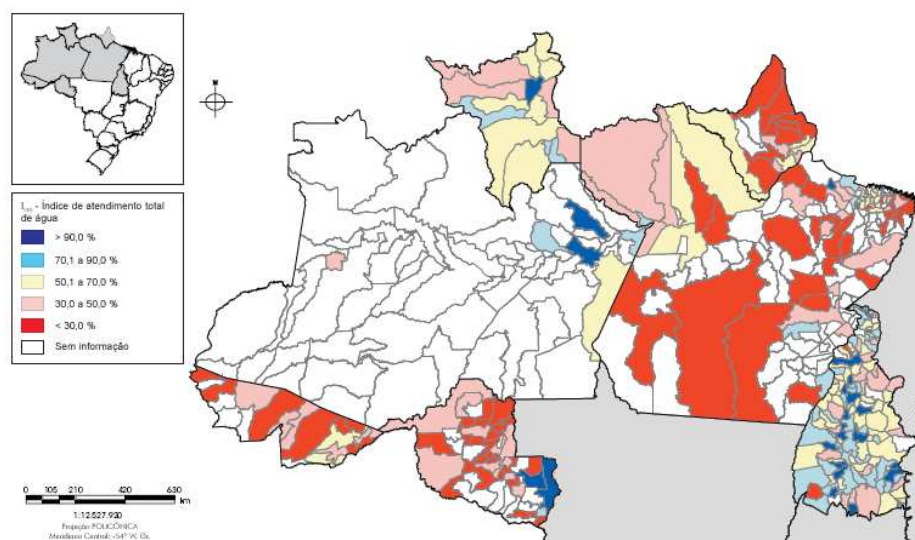


Figura 25: Índice de atendimento total de água na Região Norte em 2004

Fonte: SNIS (2005)

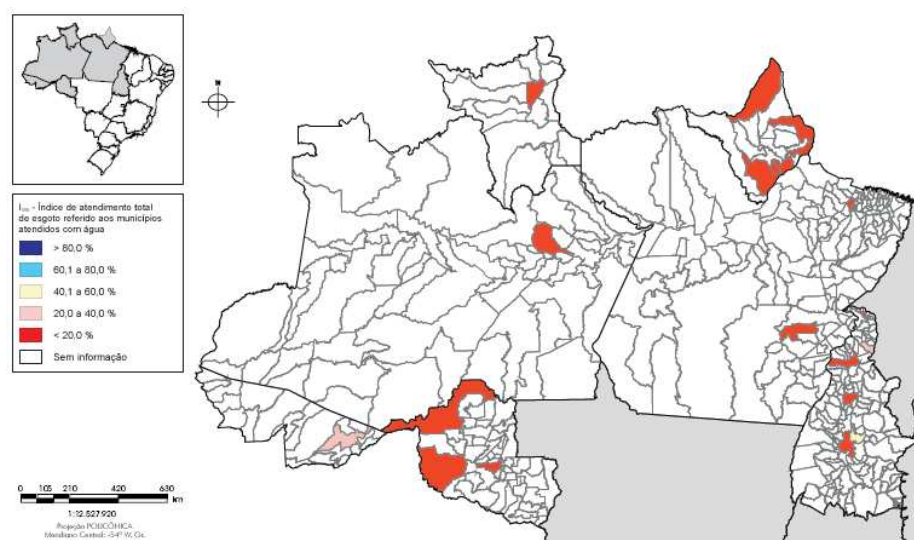


Figura 26: Índice de atendimento total de coleta de esgoto na Região Norte em 2004

Fonte: SNIS (2005)

Na Figura 27 é representado espacialmente o índice de perdas de faturamento nos municípios da Região Norte no ano de 2004.

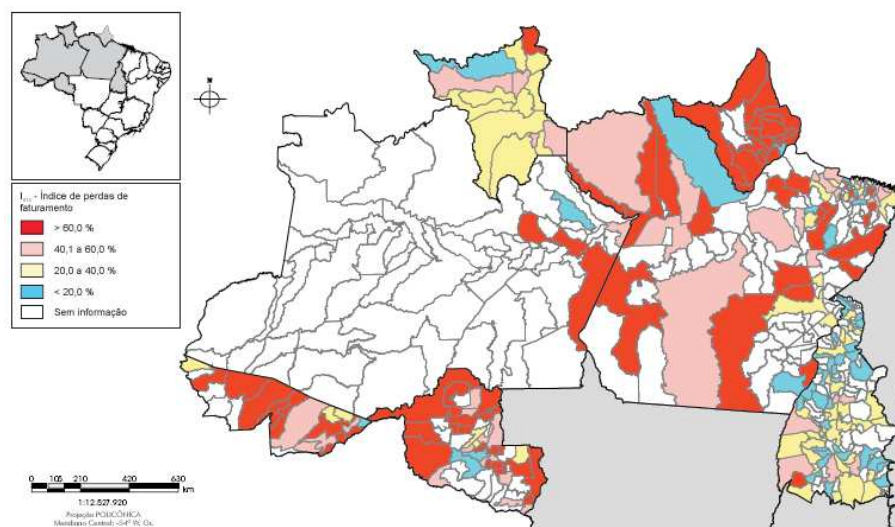


Figura 27: Índice de perdas de faturamento nos serviços de água em 2004

Fonte: SNIS (2005)

Na Tabela 11 são apresentados os números percentuais das populações dos estados da Região Hidrográfica Amazônica e que são atendidas por redes de água potável e também de coleta e tratamento de esgoto.

Tabela 11: Percentual da população da Região Amazônica atendida por água e esgoto

Estado	População*	Abastecimento de água (%) população)	Sistema de esgoto (% população)	Esgoto tratado em relação ao esgoto coletado (%)
Acre	655.385	43,9	34,2	0
Amazonas	3.221.939	79,4	20,5	0
Rondônia	1.453.756	55,1	4,4	1,8
Roraima	395.725	93,6	0,6	25,9
Pará	4.701.695	47,7	2,4	0,7
Mato Grosso	2.854.642	72,9	16,9	13,8
Amapá	587.311	55,1	0,4	6,6
Brasil	183.987.291	89,2	52,5	20,7

Fonte: ANA (2002) citado por PNRH (2006)

* Fonte: IBGE (2007) - População recenseada e estimada, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2007

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) se apresenta como uma importante ferramenta para diagnosticar os serviços de saneamento no Brasil. Este Sistema, em seu Diagnóstico de Água e Esgoto, apresenta os levantamentos dos percentuais da população de cada município do Brasil atendidos por sistema de distribuição de água potável, levantados entre os anos de 1995 até 2004. Na Tabela 12 são apresentados os percentuais da população dos municípios do estado do Amazonas atendidos por sistema de abastecimento de água. Vale lembrar que existem informações disponíveis sobre apenas 18 dos 62 municípios existentes no estado.

Tabela 12: Percentual de atendimento total de água potável dos municípios do estado do Amazonas

Índice de atendimento de água nos municípios do Estado do Amazonas a partir de 2001					
Cidade	População* (hab.)	2001 (%)	2002 (%)	2003 (%)	2004 (%)
Atalaia do Norte	13.682	28,47	-	-	-
Benjamim Constant	29.268	50,20	-	-	-
Boa Vista do Ramos	13.138	69,94	81,02	90,39	-
Boca do Acre	29.818	39,49	-	-	-
Coari	65.222	28,95	-	-	-
Eirunepé	29.411	38,11	-	-	-
Iranduba	32.869	24,67	-	-	-
Itaquatiara	84.676	83,16	100	100	100
Itapiranga	9.141	73,16	-	71,51	-
Lábrea	36.909	57,20	-	94,00	-
Manaus	1.646.602	-	80,82	89,91	85,74
Manicoré	44.327	31,31	-	-	-
Maraã	17.507	16,18	-	-	-
Maués	47.020	-	-	58,17	58,14
Parintins	102.044	-	63,51	62,03	71,43
Rio Preto da Eva	24.858	-	22,27	-	-
São Seb. do Uatamã	8.731	-	100	100	100
Tefé	62.920	-	51,82	-	-

Fonte: Programa computacional “SNIS Série Histórica 1995-2003”

* IBGE (2007) - População recenseada e estimada, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2007

Os baixos percentuais de atendimento de água potável apresentados em alguns municípios da Região Norte e Região Amazônica são argumentos para a proposição de pesquisas científicas, visando o conhecimento tanto das características da qualidade das águas superficiais da Região, como também da proposição de sistemas simples de tratamento de água para atendimento à população.

3.6 Sistema de Filtração por Múltiplas Etapas (FiME)

Segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005), as primeiras instalações utilizando a passagem da água através de meios granulares foram construídas no início do Século XIX na Escócia e também na Inglaterra.

Segundo o mesmo autor, com o passar do século XIX a tecnologia da filtração foi se desenvolvendo e, em 1892, a sua eficiência na remoção de microrganismos foi comprovada na Alemanha, após uma contaminação do Rio Elba, que provocou uma epidemia de cólera e a morte de, aproximadamente, 7.500 pessoas na cidade Hamburgo, que usava como tratamento de água apenas a sedimentação. O mesmo fato não aconteceu na cidade de Altona, que tinha a filtração em leito de areia como tratamento de água. As cidades são vizinhas e captavam água do mesmo rio (Rio Elba).

No Brasil, a tecnologia da filtração lenta, que é uma das etapas da filtração em múltiplas etapas, foi empregada em algumas cidades até meados do século XX, todavia, em função da degradação dos mananciais, a maior parte delas foi convertida em outras tecnologias de potabilização de água (como a do tratamento convencional).

O uso de sistemas de tratamento de água por filtração lenta, todavia, possui como grande limitação as características de qualidade da água bruta a ser tratada, sendo recomendado o uso da filtração lenta, segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005), quando:

- Turbidez: menor do que 5 uT em 90% do tempo;
- Cor verdadeira: menor do que 5 uH em 95% das análises;

- Sólidos suspensos: menor do que 5 mg/L em 90% das análises;
- Coliformes totais: menor do que 100 NMP/100 mL em 90% das análises;
- Escherichia coli: menor do que 100 NMP/100 mL em 90% das análises;
- Concentração de algas em geral: menor do que 100 UPA/mL em 90% das análises;
- Concentração de cianobactérias: menor do que 100 UPA/mL em 90% das análises;
- Concentração de cianotoxinas: menor do que 1,0 µg/L em 90% das análises;
- Concentração de ferro total: menor do que 0,5 mg/L em 90% das análises;
- Concentração de manganês total: menor do que 0,2 mg/L em 90% das análises;

Segundo DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008) a tecnologia FiME se originou a partir das pesquisas científicas realizadas a partir do ano de 1980 no Brasil e na Colômbia.

O sistema de tratamento de água através da filtração por múltiplas etapas (FiME) é uma adaptação da tecnologia da filtração lenta, em que, outras unidades filtrantes são instaladas como pré-tratamento da mesma, o que pode viabilizar o seu uso para o tratamento de água bruta com qualidade inferior.

A FiME, consiste de duas ou mais etapas de tratamento de água, podendo ela ser constituída pela pré-filtração dinâmica, pré-filtração em leito de pedregulho e a filtração lenta. Uma das características dessa tecnologia é a não utilização de produtos químicos (coagulantes), em contrapartida, a tecnologia possui sua utilização limitada às características da água bruta do manancial, no ponto de captação.

A pré-filtração em leito de pedregulho possui o objetivo de reter os sólidos de maiores dimensões, que se encontram presentes na água bruta, sendo geralmente indicado o uso do fluxo ascendente. Consiste de camadas sobrepostas de pedregulho de granulometrias diferentes e decrescentes, por onde passa a água sob tratamento e ficam retidas as impurezas de maiores dimensões.

A filtração lenta é um tratamento baseado na passagem da água bruta por uma camada de areia, visando à remoção das impurezas contidas na mesma, inclusive de microrganismos. Este tipo de filtração possui como característica a baixa velocidade da passagem da água pela camada filtrante (areia), necessitando, dessa forma, de maiores áreas para os filtros, se comparada com a filtração rápida. Possui fluxo de tratamento no sentido descendente.

Como alternativa para a utilização da pré-filtração seguida da filtração lenta em água bruta de menor qualidade (com turbidez até de 100 uT), pode ser prevista a utilização de um pré-filtro dinâmico de fluxo horizontal, preenchido por camadas de pedregulho com diferentes granulometrias, constituindo, assim, a filtração por múltiplas etapas (FiME) em sua configuração completa.

Para utilização da tecnologia da FiME para o tratamento de águas com matéria orgânica dissolvida, as bibliografias consultadas sugerem a utilização de uma camada de carvão ativado precedendo o filtro lento, de maneira a provocar a sua remoção.

Na Figura 28 é apresentada uma representação esquemática das etapas constituintes da FiME e na Figura 29 apresenta-se uma Estação de Tratamento de Água (ETA), que utiliza a filtração por múltiplas etapas. Esta ETA possui capacidade de tratamento de uma vazão de 25 L/s.

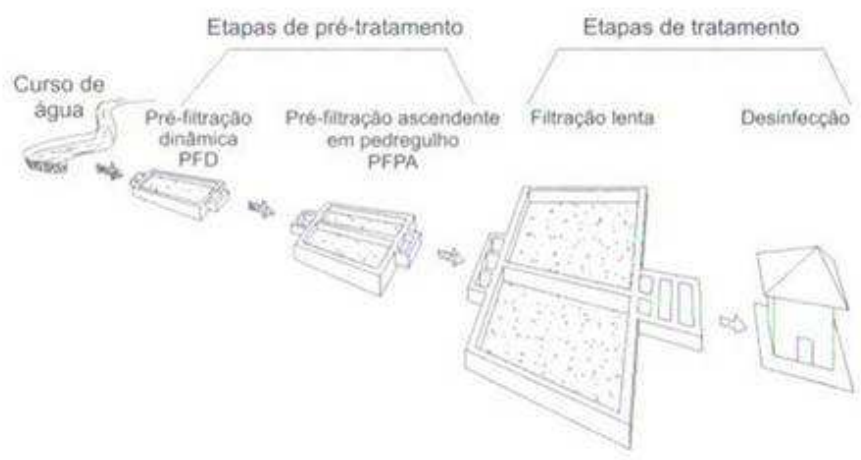


Figura 28: Representação das etapas da FiME

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005) e DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008)

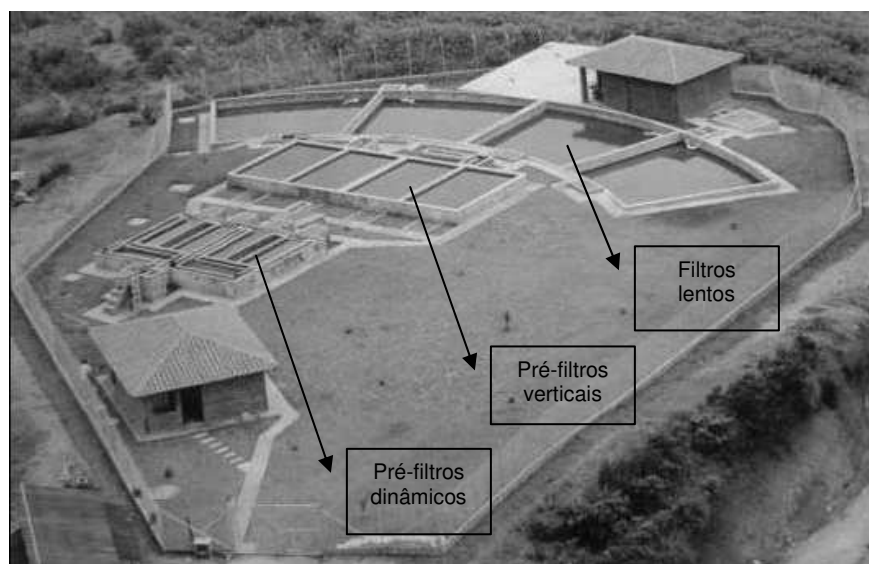


Figura 29: ETA utilizando a tecnologia FiME em Cauca/Colômbia

Fonte: SABOGAL PAZ e DI BERNARDO (2007)

DI BERNARDO e DANTAS (2005), descrevem as etapas mínimas para utilização da FiME em função das características da água bruta, conforme Tabela 13.

Já DI BERNARDO (1999) apresenta as características mínimas para a água bruta em função do arranjo das etapas da filtração em múltiplas etapas, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 13: Características gerais da água bruta para tratamento por FiME

Características da água bruta	FLA	PFD FLA	PFD FLACAG	PFD PFVAC ou PFVAS FLA	PFD PFVAC ou PFVAS FLACAG	PFD PFVAC ou (PFVAS) FLACAG PREOX
Turbidez (uT)	100% < 15	100% < 25	100% < 25	100% < 100	100% < 100	100% < 100
	95% < 10	95% < 15	95% < 15	95% < 50	95% < 50	95% < 50
	90% < 5	90% < 10	90% < 10	90% < 25	90% < 25	90% < 25
Cor verdadeira (uH)	100% < 10	100% < 10	100% < 25	100% < 10	100% < 25	100% < 50
	95% < 5	95% < 5	95% < 15	95% < 5	95% < 15	95% < 25
Sólidos Suspensos totais (mg/L)	100% < 25	100% < 50	100% < 50	100% < 100	100% < 100	100% < 100
	95% < 10	95% < 25	95% < 25	95% < 50	95% < 50	95% < 50
	90% < 5	90% < 10	90% < 10	90% < 25	90% < 25	90% < 25
Coliformes totais (HMP/100 mL)	100% < 1.000	100% < 5.000	100% < 5.000	100% < 20.000	100% < 20.000	100% < 100.000
	95% < 250	95% < 1.000	95% < 1.000	95% < 1.000	95% < 1.000	95% < 20.000
	90% < 100	90% < 500	90% < 500	90% < 500	90% < 500	90% < 5.000
<i>Escherichia Coli</i> (HMP/100 mL)	100% < 500	100% < 1.000	100% < 1.000	100% < 10.000	100% < 10.000	100% < 50.000
	95% < 250	95% < 500	95% < 500	95% < 5.000	95% < 5.000	95% < 20.000
	90% < 100	90% < 250	90% < 100	90% < 1.000	90% < 1.000	90% < 10.000
Concentração de algas em geral (UPA/mL)	100% < 500	100% < 1.000	100% < 1.000	100% < 2.500	100% < 2.500	100% < 5.000
	95% < 250	95% < 500	95% < 500	95% < 1.000	95% < 1.000	95% < 2.500
	90% < 100	90% < 250	90% < 250	90% < 500	90% < 500	90% < 100
Concentração de cianobactérias (UPA/mL)	100% < 500	100% < 750	100% < 1.000	100% < 1.000	100% < 1.500	100% < 2.500
	95% < 250	95% < 500	95% < 500	95% < 500	95% < 1.000	95% < 1.000
	90% < 100	90% < 250	90% < 250	90% < 250	90% < 500	90% < 500
Concentração de cianotoxinas (µg/L)	100% < 3	100% < 3	100% < 5	100% < 3	100% < 5	100% < 10
	95% < 1,5	95% < 1,5	95% < 2	95% < 1,5	95% < 2	95% < 5
	90% < 1,0	90% < 1,0	90% < 1,5	90% < 1,0	90% < 1,5	90% < 2,5
Concentração de ferro total (mg/L)	100% < 1,5	100% < 2	100% < 2	100% < 3	100% < 3	100% < 5
	95% < 1,0	95% < 1,5	95% < 1,5	95% < 2	95% < 2	95% < 3
	90% < 0,5	90% < 1,0	90% < 1,0	90% < 1	90% < 1	90% < 2
Concentração de manganês total (mg/L)	100% < 0,7	100% < 0,7	100% < 0,7	100% < 0,7	100% < 0,7	100% < 2,0
	95% < 0,5	95% < 0,5	95% < 0,5	95% < 0,5	95% < 0,5	95% < 1,5
	90% < 0,2	90% < 0,2	90% < 0,2	90% < 0,2	90% < 0,2	90% < 1,0

FLA: filtro lento de areia, PFD: pré-filtro dinâmico, FLACAG: filtro lento com areia e carvão ativo granular, PFVAC: pré-filtro vertical ascendente com pedregulho em camadas na mesma unidade, PFVAS: pré-filtro vertical ascendente com as camadas em unidades em série, PREOX: pré-oxidação com ozônio

Obs 1: Na impossibilidade de se conseguir dados em UPA/mL, pode-se usar o parâmetro da clorofila-a, a biomassa e, eventualmente, o número de indivíduos por litro.

Obs 2: com relação aos limites sugeridos para coliformes, deve-se ressaltar que, após a desinfecção final, deve-se, sempre, assegurar, por meio de teste de ausência/presença, a inexistência de coliformes totais e *Escherichia coli* na água a ser distribuída

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005)

Tabela 14: Características gerais da água bruta em função do arranjo da FiME

Características da água bruta	Filtração lenta	Pré-filtração dinâmica + filtração lenta	Pré-filtração dinâmica + filtração em pedregulho + filtração lenta
Turbidez (uT)	100% < 25	100% < 50	100% < 200
	95% < 10	95% < 25	95% < 100
Cor verdadeira (uH)	100% < 10	100% < 25	100% < 25
	95% < 5	95% < 10	95% < 10
Sólidos suspensos totais (mg/L)	100% < 25	100% < 50	100% < 200
	95% < 10	95% < 25	95% < 100
Coliformes totais (HMP/100 mL)	100% < 1000	100% < 10.000	100% < 20.000
	95% < 500	95% < 5.000	95% < 10.000
Coliformes fecais (HMP/100 mL)	100% < 500	100% < 5.000	100% < 10.000
	95% < 250	95% < 1.000	95% < 5.000
Concentração de ferro total (mg/L)	100% < 1,5	100% < 3,0	100% < 5,0
	95% < 1,0	95% < 2,0	95% < 3,0
Concentração de algas (UPA/mL)	100% < 500	100% < 1.500	100% < 5.000
	95% < 250	95% < 1.000	95% < 1.000

Fonte: DI BERNARDO (1999), citado por PÁDUA (2006)

Várias instituições acadêmicas e de pesquisa propõem a utilização da tecnologia FiME para o tratamento de água para pequenas comunidades e também onde a mão-de-obra qualificada e a logística são um problema para as estações de tratamento, todavia, esta tecnologia ainda não havia sido estudada para as águas brancas e pretas da Região Amazônica, motivo pelo qual houve a proposição deste estudo.

DI BERNARDO e DANTAS (2005) e também DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008) destacam diversos trabalhos de pesquisa realizados sobre a tecnologia FiME, desenvolvidos nas duas últimas décadas do século XX na América do Sul, principalmente na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (São Carlos, Brasil) e no CINARA – Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico de la Universidad Del Valle (Cali, Colômbia).

Na América do Norte e Europa, os autores destacam os trabalhos realizados pelo Imperial College of Science, Technology and Medicine (Londres, Reino Unido), University of Surrey (Guildford, Surrey – Reino Unido), International Water and Sanitation Centre – IRC (Haia, Holanda), International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering – IHE (Delft, Holanda), Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology – EAWAG (Dübendorf, Suíça) e University of New Hampshire (Durham, EUA).

Trabalhos relevantes utilizando a tecnologia FiME também são realizados pela Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP.

3.7 Critério de projetos para a tecnologia FiME

Neste tópico, são apresentados os principais parâmetros de projeto a serem observados nas etapas de dimensionamento de unidades de FiME, bem como outras características de construção e operação de cada etapa do tratamento a serem consideradas nos projetos, segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005) e também DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008), e que serviram de base para a elaboração da metodologia da pesquisa de campo para o uso da tecnologia FiME para o tratamento das águas pretas e brancas da Região Amazônica.

3.7.1 Pré-filtro dinâmico horizontal

Um pré-filtro dinâmico, conforme Figura 28, de forma simplificada, é composto por um canal, onde se colocam três camadas de material granular. As duas camadas inferiores possuem somente a função de sustentação da camada superior, de menor granulometria e que possui a função da filtração da água.

A vazão da passagem da água pelo filtro dinâmico é sempre superior à vazão de água a ser tratada, sendo que o excedente, de 10 a 20% da vazão total, é direcionada para descarte. A vazão excedente de água forma uma lâmina de cerca de 4 cm acima da

camada superior e é o fator essencial para possibilitar a distribuição homogênea da vazão em toda a área. Esta vazão também é responsável pela eliminação dos materiais grosseiros potencialmente presentes na água bruta, que são arrastados e direcionados para o descarte.

A água a ser tratada é distribuída na parte superior do pré-filtro dinâmico e o percorre, horizontalmente, até a sua saída (excedente ou excesso de água), também na parte superior. A coleta de água filtrada se dá na parte inferior do pré-filtro dinâmico. Geralmente, a coleta de água tratada se dá através de uma tubulação perfurada, instalada previamente abaixo da camada granular inferior, de maneira a possibilitar que a captação seja, também, homogênea em toda a área do pré-filtro dinâmico.

A Figura 30 apresenta um desenho em corte de um pré-filtro dinâmico, onde se pode verificar o seu funcionamento.

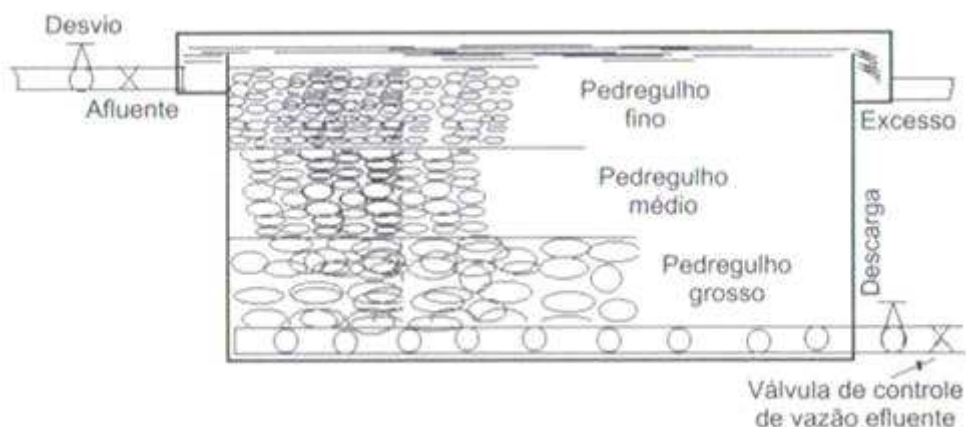


Figura 30: Pré-filtro dinâmico em corte

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005)

Em locais onde há limitação da vazão de captação de água, a vazão excedente do pré-filtro dinâmico pode ser recirculada pelo mesmo, aumentando a disponibilidade hídrica.

Segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005), para o pré-filtro dinâmico, bem como as outras etapas de FiME, recomenda-se o seu funcionamento contínuo, de maneira a

evitar problemas de colmatção da camada filtrante. Em caso de necessidade de desligamento do bombeamento durante a noite, recomenda-se o uso de um reservatório de acumulação, que alimentará o pré-filtro dinâmico durante o período em que o bombeamento permanecer desligado.

Em função de variações de vazão provocadas pelo acúmulo de impurezas no meio filtrante, é necessário que se faça um ajuste de vazão periódico no pré-filtro dinâmico, ao menos uma vez ao dia, através do acionamento de válvulas, ou outros dispositivos, de acordo com a disponibilidade.

Todas as impurezas retidas ficam acumuladas no topo da camada filtrante superior.

A limpeza do pré-filtro dinâmico pode se dar através de três formas:

- através do aumento da vazão de água que passa pelo pré-filtro dinâmico, que provoca o aumento da velocidade da água pelo mesmo e o conseqüente carregamento das impurezas acumuladas para fora da unidade;
- através do fechamento da válvula de ajuste de vazão localizada na saída da unidade, provocando o direcionamento de toda a água para a saída e o conseqüente carregamento das impurezas acumuladas para fora da unidade. Neste momento, pode-se facilitar a limpeza da unidade através de um revolvimento camada superior, quando se proporciona o desprendimento das impurezas, que são direcionadas para fora da unidade em função da velocidade da água;
- através de descargas de fundo, que elimina as possíveis sedimentações do fundo do PFD. As descargas de fundo podem ser realizadas com periodicidade de, ao menos, uma vez por semana, dependendo do comportamento do pré-filtro dinâmico. Uma das formas de se efetuar as descargas de fundo é através do seu acionamento com aberturas e fechamentos contínuos e rápidos, proporcionando golpes hidráulicos (Golpe de Aríete) até que a água descartada esteja livre de impurezas.

Na Tabela 15 são apresentados os principais parâmetros a serem considerados em projetos de pré-filtros dinâmicos.

Tabela 15: Parâmetros de projeto de pré-filtros dinâmicos

Parâmetro	Recomendação ou valor recomendado
Método de operação	Contínuo
Taxa de aplicação ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)	12 a 36
Número mínimo de unidades em paralelo	2
Área máxima em planta por unidade (m^2)	10
Largura máxima (m)	1,5
Velocidade média do escoamento superficial para limpeza (m/s)	0,1 a 0,3
Meio granular:	
- número de subcamadas	≥ 3
- espessura mínima do material granular	
- subcamada inferior	0,3 a 0,4 m; 19,0 a 31,0 mm
- subcamada intermediária	0,2 a 0,3 m; 7,9 a 15,9 mm
- subcamada superior	0,2 a 0,3 m; 3,2 a 6,4 mm
Altura da lâmina líquida sobre a superfície do meio granular (cm)	2 a 5

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005) e DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008)

3.7.2 Pré-filtro vertical ascendente em camadas em uma mesma unidade

DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008) citam que a filtração vertical pode acontecer em fluxo ascendente ou descendente, todavia, a filtração de fluxo ascendente apresenta maior eficiência na remoção de impurezas e facilidade de operação e manutenção, principalmente quanto à realização das limpezas no meio filtrante.

Um pré-filtro vertical ascendente em camadas em uma mesma unidade (PFVAC), conforme apresentado na Figura 31, de forma resumida, é composto por um tanque, onde se colocam três ou mais camadas de material granular. A camada inferior possui a maior granulometria e a camada superior a menor granulometria, neste tipo de unidade, todas as camadas são responsáveis pela filtragem da água.

A água a ser tratada é distribuída, uniformemente, em toda a área da parte inferior da unidade, já a saída se dá na parte superior, caracterizando o fluxo ascendente.

Geralmente, o sistema de distribuição de água bruta no fundo da unidade se dá através de tubulação perfurada, instalada previamente abaixo da camada inferior e de maneira que a distribuição seja homogênea ao longo de toda a área do PFVAC. Alternativamente, pode se proporcionar a sua distribuição homogênea através de um fundo falso, nesse caso, o mesmo deverá ter uma estrutura suficientemente resistente para suportar o peso de todo o material granular.

A Figura 31 apresenta um desenho em corte de um pré-filtro vertical ascendente em camadas em uma mesma unidade.

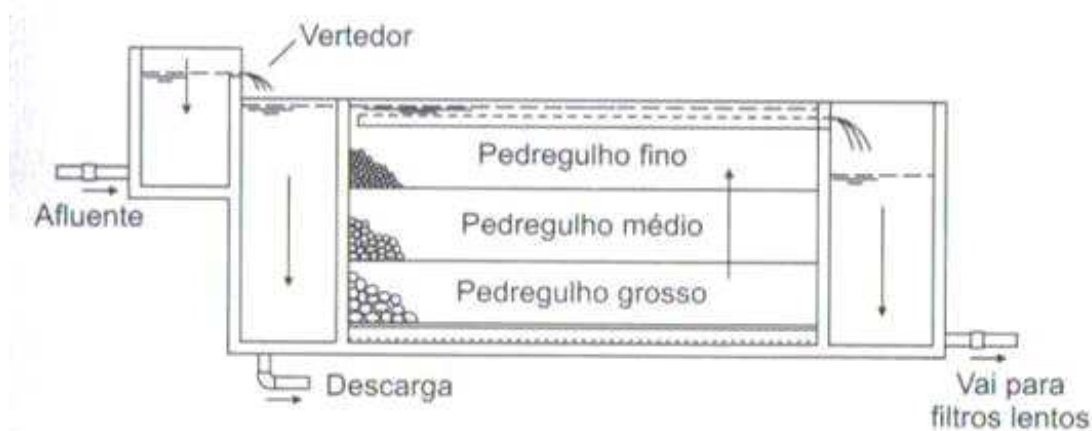


Figura 31: Pré-filtro vertical ascendente em (PFVAC) em corte

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005)

Para o PFVAC, bem como as outras etapas da FiME, recomenda-se o seu funcionamento contínuo, de maneira a evitar problemas de colmatção da camada filtrante. Em caso de necessidade de desligamento de bombeamento durante a noite, recomenda-se o uso de reservatórios de acumulação, que alimentará o PFVAC durante o período em que o bombeamento permanecer desligado.

Em função de variações de vazão provocadas pelo acúmulo de impurezas no meio filtrante, é necessário que se faça um ajuste periódico da vazão na unidade, o que deve acontecer ao menos uma vez ao dia.

Todas as impurezas retidas ficam acumuladas nas camadas inferiores e a limpeza das mesmas se dá através descargas de fundo sempre que a vazão efluente esteja inferior à de projeto ou quando a válvula de controle de vazão de saída esteja totalmente aberta e a vazão de operação não tenha sido atingida. As tubulações perfuradas de distribuição da água bruta poderão ser utilizadas para se efetuar as descargas de fundo, porém, devem proporcionar um taxa de descarga superior a 200 m³/m².d.

Os PFVAC também podem ser operados com descargas de fundo intermitentes e independentes da carreira de filtração do PFVAC. A periodicidade das descargas intermitentes e dependerá da qualidade da água bruta, todavia, recomenda-se que ela seja realizada ao menos uma vez por semana. Este tipo de operação (descarga de fundo intermitente) pode ser prejudicial à qualidade da água tratada, principalmente nos primeiros instantes após cada descarga de fundo e, por esse motivo, sugere-se que, após cada descarga, a água tratada seja descartada até que recupere sua qualidade.

Na Tabela 16 são apresentados os principais parâmetros a serem considerados em projetos de PFVAC.

Tabela 16: Critérios gerais de dimensionamento de instalações de pré-filtro vertical ascendente em camadas de pedregulho

Parâmetro	Recomendação ou valor recomendado
Método de operação	Contínuo
Taxa de aplicação (m ³ /m ² .d)	12 a 24
Número mínimo de unidades em paralelo	2
Carga hidráulica para retenção de impurezas (m)	0,4 a 0,6
Altura mín. da lâmina líquida sobre a superfície do meio granular (cm)	20
Taxa mínima da descarga para limpeza (m ³ /m ² .d)	200
Espessura da camada e meio granular	
- subcamada inferior	0,3 a 0,4 m; 19,0 a 31,0 mm
- subcamada intermediária 1	0,2 a 0,3 m; 12,7 a 19,0 mm
- subcamada intermediária 2	0,2 a 0,3 m; 6,4 a 12,7 mm
- subcamada superior	0,2 a 0,3 m; 2,4 a 4,8 mm

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005)

3.7.3 Filtro lento

Um filtro lento (FL), conforme apresentado na Figura 32, de forma resumida, é composto por um tanque, onde se coloca uma camada de material granular e, no qual, a água, sob tratamento, escoar em fluxo descendente.

A água a ser tratada é distribuída na parte superior da unidade e a sua saída se dá na parte inferior, onde se faz a coleta da água tratada. Geralmente, o sistema de coleta de água tratada, no fundo da unidade, dá-se através de tubulação perfurada, instalada previamente de maneira que a captação seja homogênea em toda a área do FL. Todavia a coleta de água tratada também pode ser realizada através de canais com placas perfuradas, drenos especiais ou mesmo um fundo falso (neste caso ele deve suportar todo o peso do material granular).

O dimensionamento de um FL, entre outros parâmetros, deve levar em conta a sua taxa de filtração, sendo que esta taxa, normalmente, está compreendida entre 3 e 6 m³/m².d (DI BERNARDO e DANTAS (2005)). SAGOBAL PAZ e DI BERNARDO (2007), todavia, recomenda que estes valores estejam compreendidos entre 2 e 6 m³/m².d

A Figura 32 apresenta um desenho em corte de um filtro lento operado com nível variável.

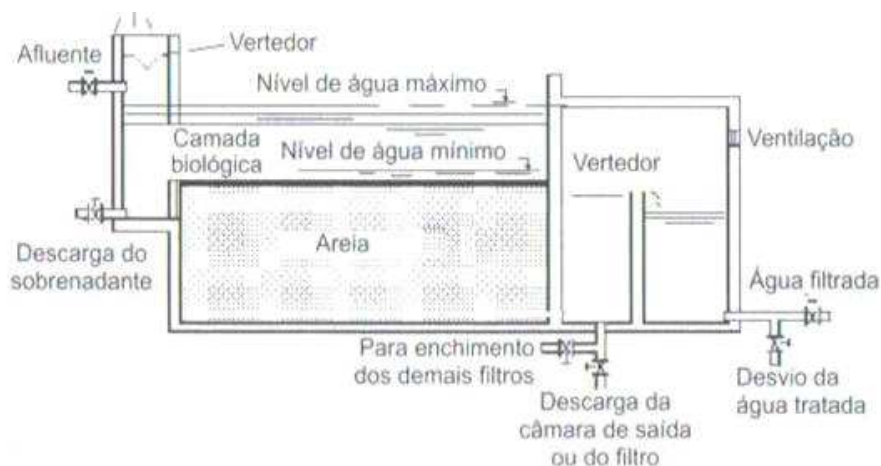


Figura 32: Filtro lento operado com nível variável em corte

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005) e DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008)

Para o FL, bem como as outras etapas da FiME, recomenda-se o seu funcionamento contínuo, de maneira a evitar a problemas de colmatção da camada filtrante. Em caso de necessidade de desligamento do sistema de bombeamento durante a noite, recomenda-se o uso de reservatórios de acumulação, que alimentarão o filtro lento durante o período em que o bombeamento permanecer desligado.

Em relação ao método de operação de um FL este pode ser de nível constante ou nível variável, todavia, DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008) citam a verificação de que os métodos apresentam resultados semelhantes, dessa forma, o uso do FL com nível variável possui a vantagem de se evitar a necessidade do emprego de equipamentos para controle de nível.

Quanto às características do meio filtrante, os estudos acerca da granulometria, apontaram para melhor desempenho destas unidades com o tamanho dos grãos compreendidos entre 0,104 e 1,00 mm, conforme Tabela 17. Lembra-se que, quanto mais fino é o material filtrante, maior é a perda de carga provocada por este, o que acontece também em relação à maior espessura do leito filtrante.

Tabela 17: Características da areia usada na filtração lenta

Parâmetro	Recomendação ou valor recomendado
Espessura da camada (m)	0,6 a 0,9
Tamanho dos grãos (mm)	0,104 a 1,0
Coeficiente de desuniformidade	2 a 4
Tamanho efetivo (mm)	0,15 a 0,30
Coeficiente de esfericidade	0,7 a 0,8
Porosidade inicial	0,38 a 0,40
Massa específica (t/m ³)	2,5 a 2,7

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005) e DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008)

Recomenda-se que os FLs sejam projetados em número de, pelo menos, duas unidades, de maneira a que o tratamento não seja interrompido quando da limpeza de um dos FLs.

Toda a areia a ser usada em uma unidade de FL deve ser lavada e desprovida de impureza. Todavia, no início da filtração, até mesmo após algumas carreiras de filtração, o efluente não apresenta boas características de qualidade da água. Isso acontece até se dar por completa a formação de uma camada biológica no topo da camada filtrante, este período é conhecido como o “tempo de amadurecimento do filtro lento”. Esta camada biológica, chamada de Schmutzdecke, é formada por microrganismos diversos, que são os principais responsáveis pela remoção de matéria orgânica e organismos patogênicos.

A camada biológica pode atingir até a 40 cm de profundidade, todavia, é mais densa e apresenta maior eficiência da remoção de contaminantes no topo do FL (primeiros centímetros de profundidade).

O tempo de amadurecimento do filtro lento é variável, dependendo da qualidade da água bruta, das características do meio filtrante e dos parâmetros de operação, podendo demorar de alguns dias até várias semanas, segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005) e DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008). Segundo os mesmos autores, em alguns países, a turbidez do efluente igual ou inferior a 5 uT é o parâmetro de controle para definir o período de amadurecimento da FL, sendo que a água filtrada na unidade, no início do seu funcionamento e após sua limpeza deve ser continuamente descartada, até que a turbidez do seu efluente atinja o valor estabelecido, passando em seguida a ser encaminhada para a câmara de desinfecção.

Segundo PÁDUA (2006) a camada biológica formada na superfície do FL, por ações físicas e biológicas, aceleram a biodegradação da matéria orgânica presente na água. O Schmutzdecke ajuda também a degradar partículas biológicas, melhorando a qualidade da água, entretanto, com o tempo, o Schmutzdecke dificulta a passagem da água, tornando-se necessária a sua remoção por raspagem, juntamente com um pouco de areia. O período de amadurecimento do FL, após uma limpeza, pode variar 6 horas a 2 semanas e, se houver uma concentração significativa de protozoários na água de

superfície, a filtração lenta pode não removê-los durante os dois primeiros dias após a limpeza.

As impurezas removidas da água sob tratamento em um FL ficam acumuladas na superfície superior do meio filtrante. Elas são, tradicionalmente, removidas sempre que se finaliza a carreira de filtração (colmatação do filtro), isso é feito através da raspagem e remoção de 1 a 2 cm da parte superior da camada filtrante, o que pode acontecer de forma manual ou mecanizada. Após a lavagem desta areia, ela é armazenada para reposição futura.

A lavagem da areia removida, preferencialmente, é feita por fricção. Para volumes reduzidos pode ser realizada de forma manual, friccionando pequenas porções de areia com a mão em água corrente, já para grandes volumes pode se usar uma betoneira para promover esta lavagem, também com a substituição periódica da água de lavagem.

Após a realização de várias raspagens, é necessária a reposição da areia, o que se torna especialmente necessário quando a espessura da camada filtrante atinge 60 cm. Antes da reposição, a camada superficial do filtro (cerca de 2 cm) é removida e novamente colocada na superfície após reposição da areia previamente lavada e armazenada. A principal função desta tarefa é a aceleração do processo de formação e/ou amadurecimento do Schmutzdecke e, conseqüentemente, do FL.

Uma das maneiras de otimizar a formação da camada biológica na superfície do leito filtrante e facilitar a limpeza da superfície da FL, é o emprego de mantas sintéticas não tecidas. Em geral, quando as mantas são usadas, elas podem ser lavadas externamente e repostas, todavia, quando da retirada das mantas, é necessária a escarificação da superfície da camada filtrante, não sendo necessária a remoção da areia para lavagem. Antes da limpeza da superfície no meio filtrante, porém, é necessário o esvaziamento do filtro até cerca de 20 cm abaixo do topo da camada filtrante.

Segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005) e DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008), as principais características e vantagens do uso de mantas sintéticas não tecidas são:

- Elas podem ser caracterizadas pela porosidade, diâmetro das fibras, superfície específica e espessura;
- A filtrabilidade da manta pode ser estimada;
- A superfície específica e sua espessura são as suas propriedades mais importantes para definir o seu tipo (características técnicas);
- Para taxas de filtração inferiores a $6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, praticamente não ocorre a penetração de impurezas na camada de areia, bastando a limpeza das mantas para que o filtro volte à operação depois da limpeza;
- É possível a redução da camada de areia em até 40 cm com o seu emprego;
- Para uma mesma taxa de filtração, a duração da carreira de um FL com manta pode ser até cinco vezes maior do que a mesma unidade sem a manta (alguns autores contestam esta afirmação);
- A remoção de impurezas alcança, em geral, valores superiores a 90% na manta;
- Sua retirada é relativamente simples, se comparada com a limpeza manual dos filtros lentos que não a possuem;
- Quanto maior for a taxa de filtração, menor resulta o fator de aumento na duração da carreira de filtração.

A Tabela 18 apresenta as principais características das mantas sintéticas não tecidas.

Tabela 18: Propriedades Gerais das Mantas Sintéticas não Tecidas

PROPRIEDADE	VALOR
Espessura (mm)	0,40 – 20,0
Porosidade	0,55 – 0,99
Diâmetro médio das fibras (μm)	25 - 100
Massa específica da manta (g/m^3)	0,02 – 0,40
Superfície específica (m^2/m^3)	1100 - 36000
Condutividade hidráulica (mm/s)	0,25 - 47

Fonte: DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008)

Antes do retorno em operação do FL, após uma limpeza com raspagem e remoção da areia, é necessário o seu enchimento com água limpa no sentido ascendente, de maneira a se evitar o desnivelamento da camada superior da areia.

Segundo PÁDUA (2006), um filtro lento, pode ser coberto ou não, sendo que a diferença entre uma opção e outra é que, com o filtro coberto, elimina-se a influência do ambiente externo sobre o tratamento, o que, em alguns casos, apresenta-se como uma necessidade, principalmente em países com clima frio (com possibilidade de congelamento da água) e em locais onde a floração de algas é grande. Com a cobertura do FL, consegue-se operar a unidade a qualquer tempo e também aumentar o tempo de duração da carreira de filtração. Em contrapartida, a cobertura da FL diminui a luminosidade interna e, conseqüentemente, formação da camada biológica sobre a camada filtrante, podendo reduzir a eficiência do mesmo na remoção de matéria orgânica e organismos patogênicos, além de aumentar o tempo da formação do Schmutzdecke.

3.8 Pesquisas utilizando FiME

São destacadas, a seguir, as principais publicações sobre pesquisas utilizando a tecnologia da filtração em múltiplas etapas para o tratamento de águas superficiais com características diversas, levando-se em consideração as características desta pesquisa.

Observa-se, contudo, que, quanto ao tempo de amadurecimento das unidades de FiME, DI BERNARDO e RIVERA (1996) e DI BERNARDO e DANTAS (2005), observaram que, o início da carreira de filtração, todas as unidade da FiME, ao mesmo tempo, contribuem para a demora da formação do Schmutzdecke no filtro lento, pois a ação física de coar a água é o fator dominante no início do funcionamento da filtração lenta e esta pode ser influenciada negativamente pelas etapas de pré-filtração. Os autores desviaram o afluente à instalação diretamente para o filtro lento até que este apresentasse uma perda de carga de alguns centímetros (cerca de 2 ou 3 cm), para,

em seguida, utilizar todas as unidades da FiME, com isso, o período de amadurecimento do filtro lento se reduziu de 20 a 30 dias para cerca de 7 dias.

Outros estudos utilizando a FiME, ou apenas parte dos equipamentos desta, foram realizados por outros pesquisadores, com objetivos diferenciados e para atendimento a demandas específicas, dentre eles se destacam:

- PIZZOLATTI (2009) estudou o uso da filtração lenta para o tratamento de águas superficiais coletadas a partir de um manancial localizado ao Sul da Ilha de Santa Catarina, sendo estudadas três configurações para os filtros lentos que trabalharam em paralelo, sendo elas o filtro lento convencional, o filtro lento retrolavável com água filtrada e o filtro lento retrolavável com água bruta. Os equipamentos trabalharam com uma taxa de aplicação de $4,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$. A pesquisa monitorou os parâmetros de pH, cor aparente, cor verdadeira e temperatura. Desta pesquisa, concluiu-se que as carreiras de filtração dos filtros lentos estavam em torno de 30 dias (entre as necessidades de limpeza), também que os filtros retrolaváveis apresentam um grande potencial de aplicação, propiciando as propriedades de base rural familiar, uma forma de tratamento independente para produção de água de qualidade para o consumo humano e com operação facilitada.
- CARVALHO SÁ (2005) estudou o uso da filtração lenta para a remoção de *Microcystis aeruginosa* em águas superficiais coletadas a partir do Lago Paranoá, impondo-se uma taxa de 3 m/d. A pesquisa utilizou parâmetros de turbidez, clorofila a e microcistina intracelular, para obtenção das suas conclusões. Desta pesquisa, concluiu-se que a camada de areia de 0,6 m foi a de menor eficiência, enquanto que espessuras superiores a 0,9 m não apresentaram ganhos consideráveis de eficiência no tratamento da água;
- COSTA (2007) estudou a eficiência do uso da pré-filtração em pedregulho seguida da filtração lenta para o tratamento de águas superficiais coletadas a partir de uma nascente localizada na zona rural de Wenceslau Braz-MG, investigando taxas de aplicação iguais a 8 e $3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, respectivamente. A pesquisa analisou os parâmetros de turbidez, cor, pH, temperatura, alcalinidade, coliformes totais e coliformes fecais. Desta pesquisa, concluiu-se que a filtração lenta, precedida de

pré-filtração é viável técnica e economicamente para o atendimento às pequenas propriedades, absorvendo, inclusive picos de turbidez e de cor na água bruta. A pesquisa apresentou uma eficiência de 97 e 100% na remoção de coliformes totais e fecais, respectivamente;

- ARANTES (2007) estudou a eficiência do uso da pré-filtração em pedregulho seguida da filtração lenta para no tratamento de águas superficiais coletadas a partir do Lago Paranoá, sendo aplicada no pré-filtro ascendente uma taxa de 10 m/d e no filtro lento uma taxa de 3 m/d. A pesquisa analisou os parâmetros de turbidez, pH, alcalinidade, clorofila a, cianotoxinas total, intra e extracelulares, perda de carga, coliformes totais e *E. coli*. A pesquisa indica que a pré-filtração em pedregulho com fluxo ascendente apresenta potencial de aplicação no tratamento de águas com elevadas concentrações de células de cianobactérias. Entretanto, para que essa alternativa seja mais adequada, deverão ser realizadas descargas de fundo periódicas, para que se minimize o carreamento de células de cianobactérias previamente retidas no pré-filtro. Os resultados mostram também que no primeiro dia de inoculação de células de cianobactérias, independente da espécie, o PFA apresenta elevada remoção de clorofila-a, chegando a atingir 96% no caso de células de *C. raciborskii* e 74% no caso de células de *M. aeruginosa*.
- SABOGAL PAZ e DI BERNARDO (2007) avaliaram a eficiência da tecnologia FiME na remoção de turbidez, cor verdadeira, ferro total, manganês total, coliformes totais e *Escherichia coli*, bem como as taxas de aplicação de melhor desempenho entre as várias estações de tratamento avaliadas. Concluiu-se que a FiME pode operar com picos de turbidez de curta duração de 100 uT, cor verdadeira de 20 uH, ferro total de 5 mg/L, manganês total de 1 mg/L, coliformes totais de 20.000 NMP/100 mL e 10.000 NMP/100 mL para *Escherichia coli*. Os autores recomendam que, privilegiando-se a segurança da água tratada, tenha-se os parâmetros limites para água bruta com turbidez de 50 uT, cor verdadeira de 15 uH, ferro total de 4 mg/L, manganês total de 0,6 mg/L, coliformes totais de 15.000 NMP/100 mL e 5.000 NMP/100 mL para *Escherichia coli*. Recomendam, ainda, que sejam aplicadas taxas de filtração de 12 a 36 m³/m²dia no pré-filtro dinâmico, de 12 a 24 m³/m²dia no pré-filtro vertical ascendente e de 2 a 6 m³/m²dia no filtro lento, todavia, lembram que a

responsabilidade no desenvolvimento de estações de tratamento de água é do engenheiro projetista, devendo este, para assegurar a saúde da população, realizar estudos mais detalhados para cada tipo de água bruta a ser tratada;

- PEREZ (2009) estudou o uso do sistema FiME somada a uma coluna de carvão ativado para a remoção de turbidez, coliformes totais e coliformes termotolerantes em águas superficiais coletadas a partir do Ribeirão Sozinha, em Goianápolis-GO, sendo que em um dos experimentos foi instalada uma coluna de carvão granular para polimento do efluente de um dos FLs. O autor não apresentou as taxas aplicadas em cada equipamento, todavia, a pesquisa apresentou uma eficiência máxima na remoção de turbidez de 48,3% no PFD, de 60,4% no PFVA, de 74,1% no FL e de 83,4% no filtro de carvão ativado. Para a remoção de coliformes totais apresentou-se uma eficiência individual (por equipamento) máxima de 56,0% no PFD, de 68,6% no PFVA, de 84,9% no FL e de 98,9% no filtro de carvão ativado. Para a remoção de coliformes termotolerantes apresentou-se uma eficiência máxima de 80,9% no PF, de 90,4% no PFVA, de 92,8% no FL e de 98,5% no filtro de carvão ativado. Desta pesquisa, evidenciou-se a elevação da eficiência na remoção dos poluentes a partir do amadurecimento das carreiras de filtração, também que a eficiência global do sistema, excetuando-se a coluna de carvão ativado, chegou a 66,5% para turbidez, a 77,1% para coliformes totais e a 90,6% para coliformes termotolerantes. Os resultados obtidos comprovam a aplicabilidade do sistema FiME para tratamento de água em pequenas comunidades, sob as condições estudadas, havendo redução em torno de 100,0% de coliformes totais e termotolerantes no FL de areia seguido de uma coluna de carvão e também que existe uma correlação positiva da remoção de turbidez com a de coliformes totais e termotolerantes
- TANGERINO (2005) estudou a FiME para a remoção de algas e cianobactérias de lagos e represas eutrofizadas, utilizando uma camada intermediária de carvão ativado granular na filtração lenta, além do uso de mantas não tecidas, tendo ainda como etapa adicional o uso de colunas de carvão ativado como polimento do efluente final. A pesquisa utilizou parâmetros de cor aparente e verdadeira, turbidez, coliformes, clorofila a e contagem de algas e cianobactérias, concluindo que o uso da manta não tecida não melhorou a remoção de turbidez, também concluiu que a

remoção de cor aparente e clorofila a foi semelhante nas concepções estudadas. Foram aplicadas taxas de 24 m/d no PFD, 12 m/d no PFVAC e 3 m/d no FL;

- TAKEUTI (2005) estudou o uso da FiME com vazão de 3 m³/m².d para a remoção de cor em águas superficiais coletadas a partir de uma represa. A pesquisa monitorou os parâmetros de cor aparente e verdadeira e turbidez, entre outros. Desta pesquisa, concluiu-se que o uso de uma camada intermediária de carvão ativado granular no FL, seguido de colunas de polimento de carvão ativado apresenta melhor desempenho na remoção de cor das águas superficiais, sendo encontradas eficiências de 91% e 93% para remoção de cor aparente e turbidez, respectivamente, já para remoção de cor verdadeira, a eficiência foi de 75,4%;
- WEGELIN et al. (1996), citado por DI BERNARDO (2003), estudaram a FiME, onde o funcionamento do pré-filtro de escoamento horizontal foi alterado para que passasse a funcionar como um filtro ascendente em pedregulho, para retenção dos flocos formados a partir da coagulação da água bruta, buscando-se a adequação da qualidade do seu efluente à necessidade de funcionamento dos filtros lentos. A pesquisa, com esta alteração, mesmo com valores elevados de turbidez (300 a 600 uT) e de ferro total (3,0 a 15,0 mg/L) na água bruta, apresentou, consistentemente, um efluente final com turbidez menor ou igual a 5 uT, demonstrando a aplicabilidade da filtração direta ascendente em pedregulho, precedendo a filtração lenta em um sistema de tratamento de água por filtração em múltiplas etapas.

3.8.1 Remoção de cor por filtração em múltiplas etapas

De todas as bibliografias consultadas, em nenhum momento, verificou-se a utilização da tecnologia FiME para o tratamento das águas com cor elevada da Região Amazônica, mais especificamente das águas pretas, motivo pelo qual se propôs a realização desta pesquisa.

Conforme estudos, DI BERNARDO e DANTAS (2005), a cor verdadeira em águas naturais é, geralmente, decorrente da presença de substâncias húmicas que apresentam as seguintes propriedades:

- Forte reatividade com compostos halogênicos, levando a um alto consumo de cloro no tratamento de água e à formação de vários compostos orgânicos halogenados voláteis e não voláteis, alguns com natureza fortemente mutagênica;
- Significante adsorvidade em sólidos, como carvão ativado e alumina, mas também em colóides minerais;
- Possível complexação de metais, tornando-os mais solúveis e dificultando sua remoção;
- Possibilidade de se combinarem com micropoluentes orgânicos, incluindo alguns pesticidas, podendo torná-los mais solúveis na água.

Em geral, é muito baixa a remoção de substância húmicas na filtração lenta, razão pela qual essa tecnologia dificilmente é empregada sem que haja algum tipo de pré-tratamento (coagulação química, seguida da clarificação, oxidação, etc), e filtro de carvão ativado granular.

Outras tecnologias para remoção de substâncias húmicas são:

- Oxidação com ozônio, biofiltração e carvão ativado granular;
- Ozonização e filtração lenta;
- FiME com ozonização antecedendo a filtração lenta;
- Entre outras

COLLINS et al. (1991), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005) e também por DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008), realizaram estudos sobre a remoção de matéria orgânica natural, medida por meio do carvão orgânico dissolvido (COD), do carbono dissolvido biodegradável (CODB), da absorvância a 254 nm e do potencial de formação de trihalometanos totais, revelaram que a eficiência dependia da comunidade biótica e da biomassa presente no schmutzdecke. Além das instalações piloto, os autores também avaliaram o desempenho dos filtros lentos de três comunidades, cujos resultados de amostras coletadas em diferentes estações climáticas são mostrados na Tabela 19,

onde se pode verificar os valores relativamente baixos de eficiência de remoção de COD e de absorvância a 254 nm.

Tabela 19: Remoção de matéria orgânica natural em filtros lentos (afluente/efluente)

Parâmetro	Estação climática	Local		
		Springfield	West Hartford	New Haven
Cor verdadeira (uH)	Inverno	16/9	13/3	15/6
	Outono	12/7	3/1	25/15
COD (mg/L)	Inverno	2,34/2,00	1,82/1,22	1,16/1,01
	Outono	2,96/2,61	2,26/1,56	3,56/2,56
PFTHM (µg/L)	Inverno	152/138	180/132	108/98
	Outono	88/76	65/42	101/85
Absorvância 254 nm (cm ⁻¹)	Inverno	0,08/0,05	0,06/0,03	0,04/0,04
	Outono	0,09/0,07	0,04/0,04	0,08/0,07

Fonte: COLLINS *et al.* (1991), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005)

TANGERINO (2003), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005) e por DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008) pesquisou a remoção de cor pela tecnologia FiME com e sem a aplicação da ozonização, com e sem a aplicação de peróxido de hidrogênio e com e sem a aplicação de ácidos húmicos, em todas as situações, todavia, as aplicações eram realizadas somente antes da filtração lenta.

As principais conclusões obtidas por TANGERINO (2003) foram:

- há uma relação direta entre os parâmetros característicos da água bruta e do efluente da instalação FiME; quando a cor verdadeira afluente aos filtros era mantida em torno de 50 a 70 uH, os efluentes dos filtros apresentavam cor verdadeira de 20 a 40 uH, mas, com o aumento da cor afluente, a cor dos efluentes dos filtros atingiram valores bem maiores;
- a remoção dos indicadores de substâncias húmicas, como cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido não purgável e absorvância 254 nm, é mais eficiente em filtros com camada intermediária de carvão ativado granular, precedido de pré-oxidação por ozônio ou ozônio seguido de peróxido de hidrogênio; esta última combinação resultou numa remoção média de 64% de cor verdadeira;

- a oxidação somente com ozônio apresentou resultados satisfatórios quanto à remoção de cor verdadeira, tanto em águas com aplicação de substâncias húmicas como sem, com média de remoção em torno de 30%, mas não foi possível obter correlação razoável entre a dosagem do ozônio consumida e correspondente remoção percentual de cor. O efeito do peróxido de hidrogênio não foi tão significativo quando aplicado sozinho ou mesmo quando aplicado antes do ozônio. A pré-oxidação com ozônio ou com ozônio seguido de peróxido de hidrogênio apresenta melhores resultados, ou resultados mais constantes ao longo do tempo de operação, com base nos resultados apresentados pelos processos de oxidação/filtração lenta;
- os residuais de ozônio e/ou peróxido de hidrogênio aparentemente têm influência na camada biológica, diminuído a perda de carga, mas podem diminuir a remoção de cor e turbidez nos filtros lentos. Dosagens acima de 0,1 mg/L de peróxido de hidrogênio interferem na camada biológica dos filtros lentos. No trabalho, o efeito do residual dos oxidantes sobre a camada biológica ocorreu mais sobre a remoção de turbidez do que de cor verdadeira;
- quando foi utilizada água natural pré-filtrada sem oxidação nos ensaios, os filtros lentos com leito de areia apresentaram remoção média de cor verdadeira de 33%, enquanto os filtros com camada intermediária de carvão apresentaram remoção média de cor verdadeira de até 63%. Para água natural pré-filtrada pré-oxidada, a remoção média nos processos oxidação/filtração com areia variou de 21,5% a 52,8%, contra uma variação de 43,5% a 69% nos processos oxidação/filtração com carvão ativado;
- quanto à remoção de cor aparente, o PFD e PFVA proporcionaram uma boa eficiência, com remoção média de até 59%. A remoção média proporcionada pelo ozônio foi de 16%, enquanto a proporcionada pelo peróxido, nas dosagens utilizadas, foi menor que 1%. Os filtros lentos com camada intermediária de carvão ativado removeram em média 56% da cor aparente afluente, enquanto os filtros lentos com leito de areia removeram 40%, considerando todos os ensaios. A combinação dos oxidantes ozônio e depois peróxido de hidrogênio é a que apresentou melhores resultados quanto à remoção de cor aparente;

- quanto à remoção de absorvância 254 nm, nos filtros com camada intermediária de carvão ativado, a pré-oxidação com ozônio e depois com peróxido levou a resultados melhores e mais constantes, com remoção na faixa de 40% a 60%. Os filtros com areia apresentaram remoções de absorvância de 254 nm na faixa de 20% a 40%, sendo que a pré-oxidação com ozônio ou com ozônio mais peróxido de hidrogênio apresentou resultados equivalentes entre si e melhores do que as demais combinações de pré-oxidação;
- as substância húmicas aplicadas apresentaram aumento médio de 65% de todos os tamanhos de partículas, sendo que esse aumento foi de 72% para os tamanhos de 4 a 8 µm. Os pré-filtros removeram em média 96% das partículas afluentes, enquanto os filtros lentos removeram em média 69% das partículas afluentes aos mesmos. Na coluna de ozonização, o número total de partículas aumentou de montante para jusante;
- a remoção de coliformes na coluna de ozonização foi de 100% e os efluentes dos filtros lentos apresentaram na maioria do tempo contagem zero de coliformes. O peróxido de hidrogênio apresentou remoção de 5,6% a 27% de coliformes totais, enquanto os filtros lentos que receberam água pré-oxidada com peróxido apresentaram remoções na faixa de 42 a 98%.

3.8.2 Remoção de turbidez por filtração em múltiplas etapas

Nas bibliografias consultadas, não se verificou a utilização da tecnologia FiME para o tratamento das águas com turbidez elevada da Região Amazônica, mais especificamente das águas brancas, motivo pelo qual se propôs esta pesquisa.

BERNIER (1991), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005), estudou as características da água filtrada na estação de Gorham (New Hampshire, EUA), cujos resultados de remoção de turbidez no filtro lento são apresentados, na Figura 33, nos dez primeiros dias de funcionamento e nos dez meses de duração da carreira de filtração do filtro lento. Nota-se que o efluente do filtro lento atingiu o valor de turbidez inferior a 1 uT somente cerca de dois meses depois do início da sua operação.

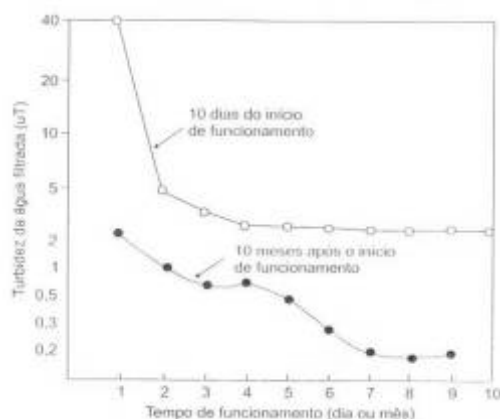


Figura 33: Remoção de turbidez em uma unidade de filtração lenta
 Fonte: BERNIER (1991), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005)

DI BERNARDO e DANTAS (2005) apresentam, na Figura 34 os valores absolutos de turbidez em vários pontos de coleta de água de uma unidade de FiME constituída por dois pré-filtros dinâmicos em série, três linhas distintas funcionando em paralelo, cada uma tendo diferentes unidades de pré-filtros de pedregulho com fluxo ascendente, seguindo de quatro filtros lentos com meios filtrantes distintos. Neste experimento, foi aplicada uma taxa de tratamento de $36 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ no PFD 1, de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ no PFD 2, de $8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ PFV de pedregulho e de $3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ no FL.

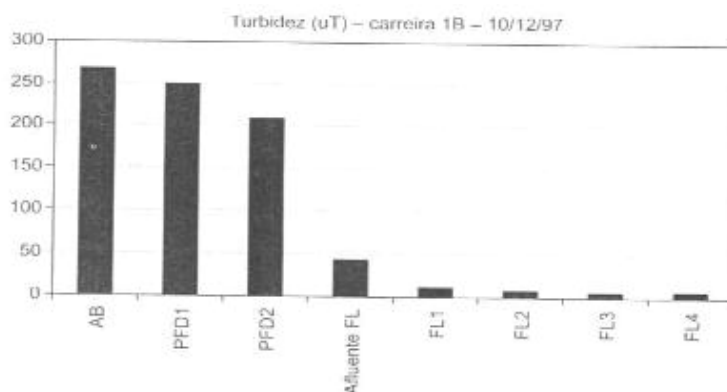


Figura 34: Remoção de turbidez em uma unidade de tratamento de água por FiME
 Fonte: DI BERNARDO e DANTAS (2005)

Na instalação piloto citada acima a turbidez diminuiu de aproximadamente 270 para 40 uT no pré-tratamento (PFD e PFV) e para valores entre 2 e 8 uT na filtração lenta.

BRANDÃO (1998), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005) e por DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008), utilizando água bruta proveniente de um lago eutrofizado em uma unidade piloto da tecnologia FiME, constituída de um PFD e duas linhas independentes de um PFVA seguido de uma unidade de FL, estudaram a eficiência destas unidades na remoção de algas. Nesta unidade piloto, utilizando taxas de 36 m³/m²d no PFD 1, de 18 m³/m².d PFV de pedregulho e de 3 m³/m².d no FL. A eficiência na remoção de turbidez nesta unidade é apresentada na Figura 35.

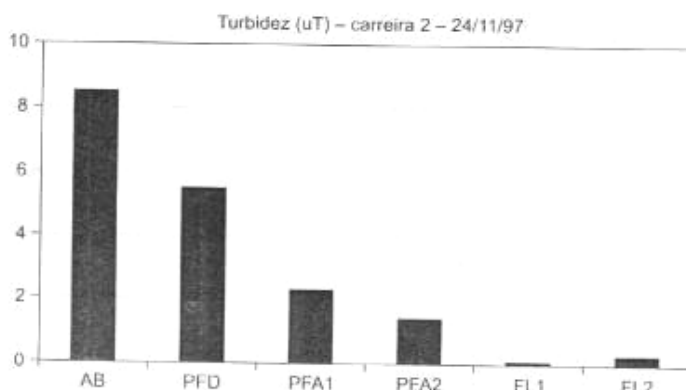


Figura 35: Remoção de turbidez em uma unidade de tratamento de água por FiME

Fonte: BRANDÃO (1998), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005)

VERAS (1999), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005) e também por DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008), estudou a eficiência da FiME para a remoção de turbidez, na pesquisa foram utilizados pré-filtros dinâmicos, pré-filtros verticais ascendentes e filtração lenta, todos eles com granulometrias variadas e com o uso ou não de mantas não tecidas no filtro lento.

A principal conclusão do trabalho foi a de que é possível reduzir a turbidez da água bruta de valores da ordem de 250 a 300 uT para valores inferiores a 5 uT, o teor de SST de até 96 mg/L para valores inferiores a 5 mg/L, a cor aparente de até 2.660 uH para valores inferiores a 100 uH e o NMP/100 mL de coliformes fecais de até 10.000 para valores inferiores a 100 NMP/100 mL, com pré-filtração dinâmica operando com taxa entre 24 a 48 m³/m²d, com pré-filtração vertical ascendente em pedregulho com taxa de 8 a 16 m³/m².d e os filtros lentos com taxa de 3 a 4 m³/m².d;

TANGERINO (2003), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005) e também por DI BERNARDO e SAGOBAL PAZ (2008) pesquisou a remoção de turbidez pela tecnologia FiME com e sem a aplicação da ozonização, com e sem a aplicação de peróxido de hidrogênio e com e sem a aplicação de ácidos húmicos, em todas as situações, todavia, as aplicações eram realizadas somente antes da filtração lenta.

Neste trabalho foi observada uma remoção considerável de turbidez, de sólidos totais e do número de partículas (tamanho médio de 1,2 a 48,0 μm). Foi observado também que dificilmente foram produzidos efluentes com turbidez consistentemente inferior a 2,0 uT (valor admitido para o efluente da filtração lenta pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde), embora, nos ensaios com uso de oxidantes (ozônio ou peróxido de hidrogênio), não fosse detectada a presença de coliformes fecais nos efluentes dos filtros lentos.

Segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005), conforme se pode observar por diversos pesquisadores, os sólidos totais são eficientemente removidos em uma instalação FiME. Ressaltando-se que, com relação às partículas, os efluentes dos filtros lentos apresentaram concentrações relativamente altas em todos os tamanhos médios de sólidos pesquisados.

O levantamento realizado em instalações FiME em escala real por GAVIS et al. (1999), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005), sobre a remoção de turbidez é apresentado na Tabela 20.

Tabela 20: Valores de variação de turbidez (uT) nas etapas da FiME em escala real

Instalação	Água Bruta	Efluente PFD	Efluente PG	Efluente FLA
Ceylan	0,6 a 15	(*)	0,1 a 6	0,1 a 6
La Marina	0,5 a 112	(*)	0,2 a 63	0,9 a 8,6
Cañas Gordas	2 a 75	29 a 98	2,3 a 87	0,1 a 4,1
El Retiro	3,2 a 120	2 a 150	1,2 a 30	0,2 a 12
Colombo	2,8 a 122	1,4 a 62	1 a 51	0,2 a 3,7
Shaloom	0,6 a 15	0,4 a 18	0,3 a 5	0,4 a 2
La Rivera	1,5 a 30	1,4 a 10	0,4 a 3,5	0,1 a 3,3

OBS: PFD: pré-filtro dinâmico; PG: pré-filtro de pedregulho (vertical ascendente, vertical descendente, horizontal); FLA: filtro lento de areia; (*): não havia PFD

Fonte: GAVIS *et al.* (1999), citado por DI BERNARDO e DANTAS (2005)

4- MATERIAL E MÉTODOS

Visando diminuir a carência de estudos sobre tratamento de água na Região Amazônica, este trabalho buscou o desenvolvimento de tecnologias alternativas para o tratamento das águas superficiais dos Rios Negro e Solimões. O desenvolvimento teve como base a tecnologia FiME, inicialmente utilizada para a verificação da adaptabilidade da mesma ao tratamento e potabilização das águas com as características semelhantes às das águas destes Rios, seguida das alterações e complementações necessárias ao desenvolvimento das tecnologias alternativas.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram construídas duas unidades piloto de tratamento de água, sendo uma delas no município de Manaus-AM, para tratamento das águas do Rio Negro (águas pretas), e outra no município de Careiro da Várzea-AM, para tratamento das águas do Rio Solimões (águas brancas). A pesquisa foi viabilizada através do convênio firmado entre a Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI), o Banco da Amazônia SA e o Fundo de Investimento da Amazônia, os quais proveram os recursos necessários para sua realização.

A pesquisa contou com o apoio da empresa Águas do Amazonas (concessionária dos serviços de água e esgotos de Manaus-AM) e da Prefeitura Municipal de Careiro da Várzea-AM (que opera um sistema de tratamento e abastecimento de água na Vila do Km 13), além de toda infra-estrutura educacional, orientação e suporte técnico e operacional disponibilizado pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

As unidades piloto de tratamento de água foram instaladas no interior das áreas de duas ETAs já existentes, sendo elas a “ETA Mauzinho” e a “ETA do Km 13”. A

pesquisa foi desenvolvida em duas Fases distintas, sendo a primeira composta pela tecnologia FiME tradicional e a segunda contendo as adaptações e inclusões necessárias para viabilizar o atingimento dos objetivos da pesquisa, tornando-se tecnologias alternativas e desenvolvidas por este estudo.

A ETA Mauazinho está localizada no Bairro Mauazinho na cidade de Manaus-AM, que utiliza a tecnologia de filtração direta com o uso de coagulante e floculante, a qual é operada e mantida pela empresa Águas do Amazonas.

A ETA do Km 13 está localizada na “Vila do Km 13” às margens da BR-319, que também é conhecida como “Vila Gutierrez” e “Vila do Careiro”, localizada no município de Careiro da Várzea-AM, que utiliza a tecnologia da filtração direta, com o uso de coagulante, a qual é operada e mantida pela Prefeitura deste município.

A vazão de estudo em cada uma das ETAs Piloto foi idealizada inicialmente para uma capacidade variável entre 41,6 L/h e 83,2 L/h, sendo estas vazões medidas através de rotâmetros e ajustadas através de válvulas de agulha. A restrição da vazão a estes valores foi necessária em função do aproveitamento da infra-estrutura já existente para a captação dos dois tipos de água bruta sem que isto provocasse prejuízo à operação normal da vazão de projeto nas ETAs “Mauazinho” e do “Km 13”.

Como as ETAs Piloto foram instaladas em locais já dotados de infra-estrutura para tratamento de água, incluindo a segurança patrimonial e controle de acesso, estas unidades, em condições normais, puderam ser operadas com segurança e de forma contínua tanto pelo pesquisador/autor, como também por outros colaboradores do projeto de pesquisa.

Durante o decorrer da Primeira Fase da pesquisa foram realizadas três visitas semanais em cada uma das unidades piloto (ETA Rio Negro e ETA Rio Solimões), seja para realização de coletas de água para análise, para verificação das condições de operação e para proposição de alterações visando à solução dos problemas operacionais

encontrados. A periodicidade das visitas foi alterada para quatro visitas semanais no decorrer da Segunda Fase da pesquisa de campo.

As duas unidades piloto de tratamento contemplaram, inicialmente, as etapas de captação, pré-filtração dinâmica, pré-filtração vertical ascendente e filtração lenta.

As remoções e lavagens da areia do filtro lento, quando necessárias, foram realizadas de maneira manual, sendo a remoção feita com a desmontagem do filtro e com jatos de água, já a lavagem da areia foi feita através do friccionamento de pequenas porções de areia em água corrente.

A Figura 36 apresenta o esquema de funcionamento da concepção inicial das duas unidades de tratamento piloto, que foram operadas nas duas situações diferentes, uma com água bruta apresentando cor elevada e outra com turbidez elevada, conforme apresentado na Tabela 4.

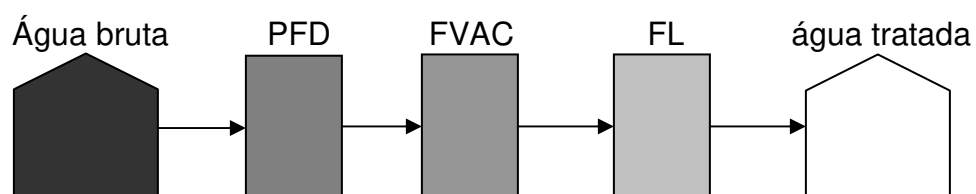


Figura 36: Esquema da proposição para o tratamento das águas estudadas

Na Figura 37 se apresenta esquema de funcionamento da concepção inicial das ETAs Piloto.

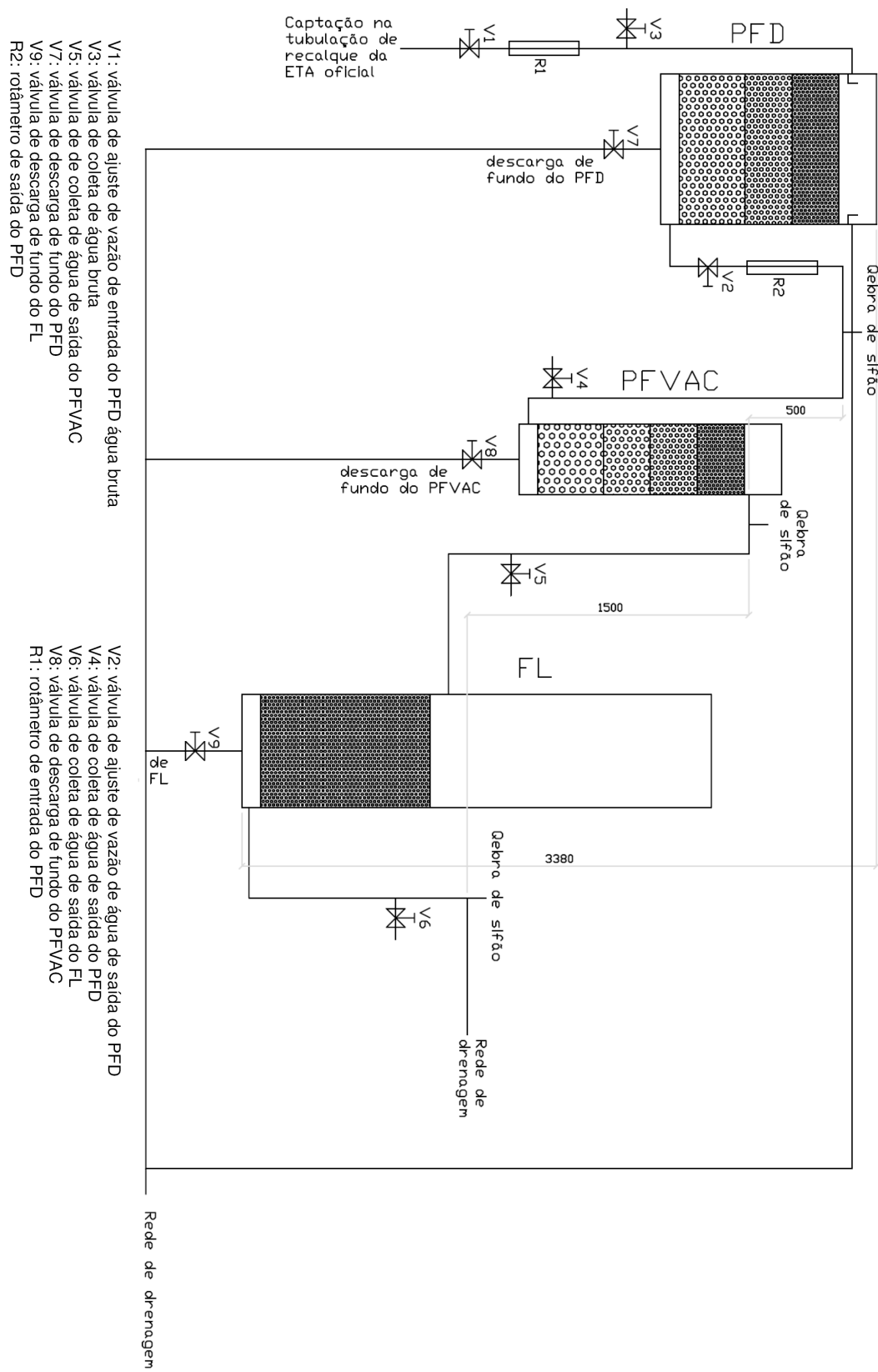


Figura 37: Concepção inicial das ETAs Piloto

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram monitorados os seguintes parâmetros de qualidade da água: pH, cor aparente, cor verdadeira, turbidez e coliformes termotolerantes. Foram coletadas amostras de água para análise na entrada das ETAs, na saída do pré-filtro dinâmico, na saída do pré-filtro vertical ascendente em camadas e na saída do filtro lento.

4.1 Captação das águas superficiais

Para este estudo, as águas superficiais foram captadas junto ao Rio Negro e ao Rio Solimões, que são os rios mais representativos da Região Amazônica Ocidental. De maneira a facilitar a realização da pesquisa, as captações destas águas foram realizadas adjacentes ao encontro das águas destes dois Rios. O “Encontro da Águas” é o local onde se encontra os dois tipos de água a serem estudados e que fica mais próximo da FUCAPI, a cerca de 8,5 km (Figura 38) de distância, no período de cheia destes Rios.



Figura 38: Distância entre a FUCAPI e o Encontro da Águas
Adaptado de Google Earth

Lembra-se que o “Encontro das Águas” destes dois Rios é o ponto de formação do Rio Amazonas em território brasileiro. Contudo, é importante citar que, depois deste encontro, conforme já descrito, as duas águas não se misturam de imediato, sendo que estes rios caminham lado a lado por vários quilômetros. Este fenômeno (um dos pontos turísticos mais visitados de Manaus-AM) facilitou a captação dos dois tipos de água (preta e branca) em pontos muito próximos entre si (aproximadamente 10,5 km em linha reta (Figura 39), no período de cheia destes rios) e sem que haja a interferência das características de um tipo de água sobre as características do outro.

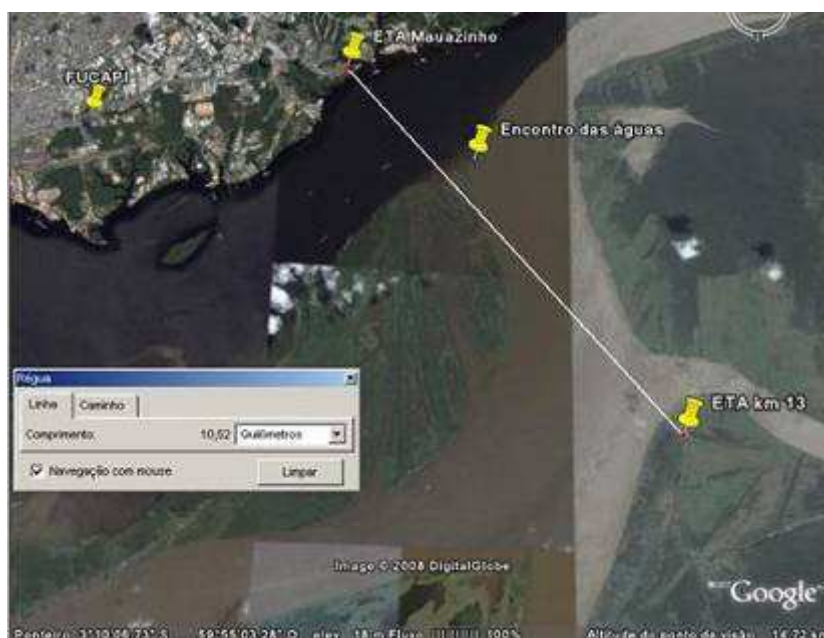


Figura 39: Distância entre a ETA Mauazinho e ETA km 13

Adaptado de Google Earth

Na Figura 40 são ilustrados os pontos aproximados de captação das águas superficiais utilizadas por este estudo, estando estes pontos distantes cerca de 9,6 km entre si (no período de cheia dos rios).

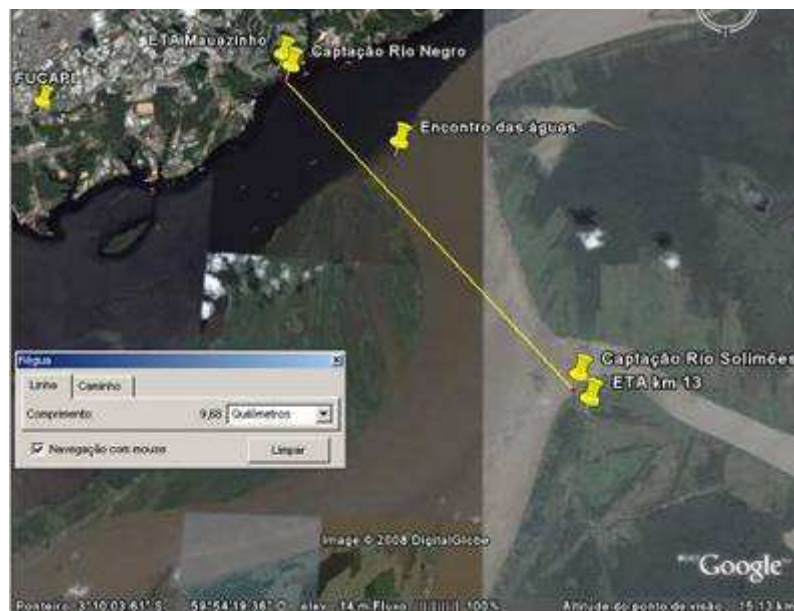


Figura 40: Distância entre os pontos de captação das águas superficiais estudadas
Adaptado de Google Earth

As Figuras 41 e 42 ilustram, também através de imagem de satélite, os mesmos locais de captação citados, porém com uma maior aproximação (a 576 m de altitude). As Figuras 43 e 44 ilustram o fenômeno do encontro das águas.



Figura 41: ETA Mauzinho no período de cheia
Adaptado de Google Earth



Figura 42: ETA Km 13 no período de seca
Adaptado de Google Earth



Figura 43: Fenômeno do Encontro da Águas dos Rios Negro e Solimões visto através de foto aérea em época de seca



Figura 44: Fenômeno do Encontro da Águas dos Rios Negro e Solimões visto através de foto tirada a partir de um barco regional em época de seca

Nas Figuras 45 e 46 são apresentados os dois meios de transporte utilizados para se fazer a travessia entre Manaus-AM e Careiro da Várzea-AM, passando pelo encontro das águas, sendo um através de balsa (duração de cerca de 1 h) e outro através de barco de passageiros (duração de cerca de 20 min).



Figura 45: Balsa de interligação entre Manaus-AM e Careiro da Várzea-AM



Figura 46: Barco de travessia entre Manaus-AM e Careiro da Várzea-AM

4.2 Pré-Filtro Dinâmico

Os sistemas de bombeamento para captação de água já existentes nas ETAs Mauazinho e Km 13 alimentaram as ETAs Piloto do Rio Negro e do Rio Solimões, através da execução de uma derivação na tubulação de recalque desses dois sistemas de bombeamento. A alimentação das ETAs se iniciou pelo pré-filtro dinâmico.

O ajuste de vazão de água captada foi realizado através de duas válvulas de agulha de $\frac{1}{2}$ " e dois rotâmetros, posicionados nas tubulações de entrada e de saída do PFD, onde se manteve uma lâmina d'água de 5 cm acima do leito filtrante. O ajuste de vazão nestas duas válvulas para a manutenção da vazão de tratamento, durante a Primeira Fase, foi realizada três vezes por semana, já na Segunda Fase, o ajuste de vazão foi realizado quatro vezes por semana. O ajuste da vazão foi realizado tanto pelo pesquisador, como também por outros colaboradores do projeto de pesquisa.

O material granular (seixos) do pré-filtro dinâmico de fluxo horizontal foi adquirido em empresa especializada, por não haver disponibilidade destes materiais em Manaus-AM, cuja granulometria do material seguiu os parâmetros descritos na Tabela 21.

A seguir, apresentam-se as principais características construtivas do pré-filtro dinâmico componente das ETAs Piloto:

- Tubulação de entrada: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída da água excedente: através de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ ";
- Dispositivo de entrada: através de um canal de distribuição de 5 cm de largura e 5 cm de altura ao longo de toda largura do PFD;
- Dispositivo de saída da água excedente: através de um canal de coleta de 5 cm de largura e 5 cm de altura ao longo de toda largura do PFD;
- Vazão afluente de projeto: de 45,8 a 99,9 L/h;
- Vazão efluente de projeto: de 41,6 a 83,2 L/h;
- Dispositivo de coleta da água tratada: fundo falso com altura de 10 cm, contendo furos de 10 mm espaçados a cada 20 mm, acima do fundo falso foi colocada uma tela de aço galvanizado com malha de 1 mm;
- Descarga de fundo: através de adaptador para caixa d'água de 2" e válvula de esfera de mesmo diâmetro posicionada no centro do fundo do pré-filtro;
- Regime de operação: fluxo contínuo;
- Cobertura: tampa em fibra de vidro;
- Limpeza do pré-filtro dinâmico: realizada de acordo com a necessidade (de acordo com os resultados das análises de qualidade de água), através do aumento da vazão afluente e revolvimento do material sedimentado na superfície do material filtrante e também através de descarga de fundo. Toda água descartada foi direcionada para a rede de coleta de águas pluviais na ETA Mauazinho e para a canalização de descarte de água da limpeza dos filtros na ETA km 13;
- Piezômetro: construído com mangueira transparente de $\frac{1}{2}$ " e acoplados ao PFD através de adaptadores para caixa d'água de mesmo diâmetro;
- Material construtivo do PFD: fibra de vidro.

Na Tabela 21 são apresentadas as características da pré-filtração dinâmica.

Tabela 21: Características construtivas do pré-filtro dinâmico

Parâmetro	Recomendação ou valor recomendado
Método de operação	Contínuo
Número de unidades	1
Taxa de aplicação ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)	12,00
Vazão (L/h)	41,66
Vazão (m^3/d)	1,00
Área em planta da unidade (m^2)	0,20
Relação comprimento largura	3,20
Largura (m)	0,25
Comprimento (m)	0,80
Velocidade média do escoamento superficial para limpeza (m/s)	0,2
Meio granular:	
- número de subcamadas	3
- espessura mínima e granulometria do material granular	
- subcamada inferior	0,35 m; 19,0 a 25,0 mm
- subcamada intermediária	0,25 m; 7,9 a 15,9 mm
- subcamada superior	0,25 m; 3,2 a 6,4 mm
Altura da lâmina líquida sobre a superfície do meio granular (cm)	4

4.3 Pré-filtro vertical ascendente em camadas

Nas ETAs Pilotos, o pré-filtro vertical ascendente em camadas (PFVAC) foi alimentado por gravidade, através do efluente do PFD. Foi projetada uma disponibilidade de carga hidráulica de até 0,5 mca para o funcionamento do PFVAC (conforme Figura 37) e a vazão de água de tratamento foi regulada através de uma válvula de agulha de 1/2" e rotâmetro, posicionados na saída do PFD.

Foi avaliada a pré-filtração de fluxo ascendente em camadas com material granular específico (seixos), adquirido em empresa especializada, por não haver disponibilidade destes materiais em Manaus-AM. A granulometria do material seguiu os parâmetros de projeto descritos na Tabela 22.

A seguir, são apresentadas as principais características construtivas dos pré-filtros verticais ascendentes em camadas construídos para compor as ETAs Piloto:

- Tubulação de entrada: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Dispositivo de distribuição do afluente: fundo falso com 10 cm de altura, contendo furos de 10 mm espaçados a cada 20 mm, acima do fundo falso foi colocada uma tela de aço galvanizado com malha de 1 mm;
- Dispositivo de coleta do efluente: através da manutenção de uma lâmina de água de 5 cm acima do nível do leito filtrante, com uma única saída lateral;
- Descarga de fundo: através de adaptador para caixa d'água de 2" e válvula de esfera de mesmo diâmetro posicionados no centro e fundo do PFVAC;
- Regime de operação: fluxo contínuo;
- Cobertura: tampa em fibra de vidro;
- Limpeza do pré-filtro ascendente: realizada de acordo com a necessidade (de acordo com os resultados das análises de água). Toda água descartada foi direcionada para a rede de coleta de águas pluviais na ETA Mauazinho e para a canalização de descarte de água da limpeza dos filtros na ETA km 13;
- Piezômetro: construído com mangueira transparente de $\frac{1}{2}$ " e acoplados ao PFVAC através de adaptadores para caixa d'água de mesmo diâmetro;
- Material construtivo: fibra de vidro.

Na Tabela 22 são apresentadas as principais características do pré-filtro vertical ascendente em camadas das ETAs Piloto.

Tabela 22: Características do PFVAC

Parâmetro	Recomendação ou valor recomendado
Método de operação	Contínuo
Taxa de aplicação ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)	12
Número de unidades	1
Área em planta (m^2)	0,11
Diâmetro (m)	0,376
Carga hidráulica para retenção de impurezas (m)	0,5
Altura mín. da lâmina líquida sobre a superfície do meio granular (cm)	20
Taxa de descarga para limpeza ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)	200
Espessura da camada e meio granular	
- subcamada inferior	0,35 m; 19,0 a 31,0 mm
- subcamada intermediária 1	0,25 m; 12,7 a 19,0 mm
- subcamada intermediária 2	0,25 m; 6,4 a 12,7 mm
- subcamada superior	0,25 m; 2,4 a 4,8 mm

4.4 Filtro lento

Nas ETAs Rio Solimões e Rio Negro a unidade do filtro lento (FL) foi alimentada, por gravidade, através do efluente do PFVAC. Foi projetada uma disponibilidade de carga hidráulica de até 1,5 mca para o funcionamento do FL (conforme Figura 37) e a vazão de água de tratamento foi regulada por uma válvula de agulha de $\frac{1}{2}$ " e rotâmetro, ambos posicionados na saída do PFD.

A filtração lenta em fluxo descendente foi constituída por areia específica, adquirida em empresa especializada, por não haver disponibilidade deste material em Manaus-AM, conforme parâmetros de projeto apresentados na Tabela 23.

A seguir, são apresentadas as principais características construtivas do filtro lento, construído para compor as ETAs Piloto:

- Tubulação de entrada: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";

- Dispositivo de distribuição do afluente: através da manutenção de uma lâmina de água de 10 cm acima do nível do leito filtrante;
- Dispositivo de coleta do efluente: fundo falso de 10 cm de altura, contendo furos de 10 mm espaçados a cada 20 mm e uma tela de aço inoxidável para contenção do leito de areia;
- Descarga de fundo: através de adaptador para caixa d'água de 2" e válvula de esfera de mesmo diâmetro (o mesmo dispositivo foi utilizado para drenagem do sobrenadante);
- Regime de operação: fluxo contínuo e com nível de água variável na entrada;
- Cobertura: tampa em fibra de vidro;
- Limpeza do filtro lento: realizada sempre que o nível de água de entrada ultrapassasse o nível do corpo do filtro lento (transbordamento), através da abertura da válvula de descarga de fundo e remoção de cerca de 2 cm do leito filtrante na parte superior do mesmo. Toda água descartada foi direcionada para a rede de coleta de águas pluviais na ETA Mauzinho e para a canalização de descarte de água da limpeza dos filtros na ETA km 13;
- Material Construtivo: fibra de vidro.

A Tabela 23 apresenta as características dos filtros lentos das ETAs Piloto.

Tabela 23: Características da areia usada no filtro lento

Parâmetro	Valor
Taxa de filtração (m ³ /m ² .d)	3,54
Área em planta (m ²)	0,28
Diâmetro (m)	0,60
Espessura da camada (m)	0,9
Tamanho dos grãos (mm)	0,104 a 1,0
Coefficiente de desuniformidade	2 a 4
Tamanho efetivo (mm)	0,15 a 0,30
Coefficiente de esfericidade	0,7 a 0,8
Porosidade inicial	0,38 a 0,40
Massa específica (t/m ³)	2,5 a 2,7

4.5 Água tratada

Toda água tratada durante a pesquisa foi descartada através da rede de coleta de águas pluviais, na ETA Mauazinho, e para a canalização de descarte de água da limpeza dos filtros, na ETA km 13, não havendo armazenamento da água tratada.

4.6 Análises

Durante a realização da pesquisa foram monitorados, três vezes por semana, os parâmetros de pH, cor aparente, cor verdadeira e turbidez. As análises de coliformes termotolerantes foram realizadas com periodicidade mensal. O limite de análises foi identificado de acordo com a disponibilidade financeira para a execução da pesquisa.

Foram coletadas amostras para análise na entrada de água bruta, na saída do PFD, na saída do PFVAC e também na saída do FL. Para isso, cada um dos pontos de coleta foram dotados de uma válvula de PVC de ¾" em derivação à tubulação principal.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento e Ambiente da FUCAPI, excetuando-se as análises de coliformes termotolerantes e algumas análises de cor verdadeira, que foram realizadas por laboratório externo, credenciado pelo órgão ambiental estadual do Amazonas (IPAAM).

Para o monitoramento da qualidade das águas das amostras, foram utilizados os seguintes equipamentos e métodos:

- pHmetro Tecnal, modelo Tec-3MP;
- Turbidímetro portátil Policontrol, modelo AP2000iR;
- Colorímetro portátil Digimed, modelo DM-COR;
- Análises de cor verdadeira: realizadas através da passagem da amostras por uma membrana de papel com poros de 45 µm, com auxílio de uma motobomba de vácuo Quimis Q-355B e medição através de colorímetro;

- Análises de coliformes termotoletantes: realizadas por laboratório externo de acordo com o método APHA, Compendium os Methods for the Microbiological Examination of Foods, 1992.

4.7 Dimensionamento das ETAs Piloto

O dimensionamento das unidades das ETAs Piloto foi realizado utilizando-se uma planilha eletrônica (MS - Excel), desenvolvida pelo autor para o cálculo automático e representada na Tabela 24. Para a confecção da planilha foram tomados como base, os parâmetros de dimensionamento apresentados nas Tabelas de 15 a 17.

Tabela 24: Memorial de cálculo da ETA Piloto

Pré-Filtro dinâmico:			
Taxa de aplicação =	12	m ³ /m ² .d	
Número de unidades =	1	unidades	
Taxa de descarga para limpeza =	200	m ³ /m ² .d	
Espessura do pré-filtro =	1,4	m	
Cálculo da área do pré-filtro dinâmico			
Apfd = Q / Taxa de aplicação =	0,08	m ²	Comprimento = 80,00 cm
			Largura = 25,00 cm
			Taxa de aplicação Real = 5,00 m ³ /m ² .d
Pré-filtro:			
Taxa de aplicação =	12	m ³ /m ² .d	
Número de unidades =	1	unidades	
Carga hidráulica disp. =	0,5	mca	
Taxa de descarga para limpeza =	200	m ³ /m ² .d	
Espessura do pré-filtro =	1,4	m	
Cálculo da área do pré-filtro			
Apf = Q / Taxa de aplicação =	0,08	m ²	D = 37,60 cm
			Taxa de aplicação Real = 9,01 m ³ /m ² .d
Filtração lenta:			
Taxa de aplicação =	3	m ³ /m ² .d	
Número de unidades =	1	unidades	
Carga hidráulica disp. =	1,5	mca	
Espessura do filtro =	0,9	m	
OBS: a) Adotado o uso do filtro com nível variável; b) Sist. de drenagem através de fundo falso			
Cálculo da área para filtro			
Afl = Q / Taxa de aplicação =	0,33	m ²	D = 60,00 cm
			Taxa de aplicação Real = 3,54 m ³ /m ² .d

5- RESULTADOS E DISCUSSÕES

O principal resultado esperado por este projeto de pesquisa, realizado em duas etapas, é a obtenção dos parâmetros de projeto de tecnologias alternativas, a serem utilizados para o dimensionamento de ETAs para tratamento das águas superficiais com características das águas brancas e pretas da Região Amazônica.

Para o alcance deste resultado a pesquisa utilizou, como base, a tecnologia da filtração por múltiplas etapas (FiME), identificando possíveis adaptações e etapas complementares a esta, e, dessa forma, disponibilizando as configurações típicas das tecnologias alternativas desenvolvidas.

Os resultados analíticos das análises de qualidade de água obtidos durante a Segunda Etapa de operação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões, utilizadas por este estudo, permitiram a identificação dos parâmetros de projeto e também a comprovação da viabilidade técnica da utilização das tecnologias alternativas desenvolvidas.

O alcance do objetivo principal desta pesquisa é de grande utilidade para a elaboração de projetos de estações de tratamento de água para atendimento às comunidades localizadas às margens de rios de águas brancas e pretas da Região Amazônica, as quais, na maioria dos casos, não possuem qualquer sistema de tratamento e potabilização da água consumida por sua população. A inexistência de sistemas de potabilização e distribuição de água às populações ribeirinhas são potencializadas por uma logística de aquisição e distribuição de materiais e insumos de grande complexidade, da escassez de recursos financeiros e da falta de mão-de-obra especializada para construção, operação e manutenção destes sistemas.

Neste capítulo são apresentados os principais resultados obtidos nas duas etapas de realização desta pesquisa, incluindo, em cada uma delas, os obstáculos para sua execução, as soluções encontradas na busca do atendimento ao objetivo proposto e também os resultados analíticos dos parâmetros de qualidade da água obtidos.

5.1 Considerações iniciais

A Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica - FUCAPI é uma instituição privada sem fins lucrativos, foi fundada em 1982 e está voltada para o desenvolvimento de pesquisas e serviços (tecnológicos e educacionais) para incremento da competitividade de empresas e organizações da Região Amazônica

Todas as ações necessárias para atendimento dos objetivos deste projeto de pesquisa foram realizadas na FUCAPI e em instituições apoiadoras, dessa forma, foram seguidas todas as regras dos processos internos destas instituições.

Além de uma área educacional e de uma área tecnológica (responsável pela execução deste projeto de pesquisa), a instituição conta também com as áreas internas de apoio, cujo conjunto é chamado, em linguagem empresarial, de “Centro de Serviços Cooperados - CSC” ou “BackOffice”. Dentre as áreas de apoio da FUCAPI, mas não se limitando apenas a estas, este projeto pode contar com o apoio e se seguiu as regras dos processos internos das áreas de Gestão de Convênios, Infra-Estrutura e Compras, Recursos Humanos, Financeiro, Jurídico, Marketing, Gestão de Negócios e Conhecimento, Tecnologia da Informação, Sistema Integrado de Gestão, Escritório de Projetos, Centro de Laboratórios, Núcleo de Tecnologias Sustentáveis e Núcleo de Design e Meio Ambiente, entre outras áreas.

Por se seguir as regras institucionais, não se possuiu autonomia para definir e/ou interferir nas ações de cada uma das áreas de apoio, apenas houve o acompanhamento e a articulação necessária para se dar a possível agilidade no cumprimento das ações para o alcance dos objetivos dos projetos.

Seguindo os processos da instituição, este projeto de pesquisa, depois do planejamento inicial proposto e aprovado no exame de qualificação, foi replanejado segundo a metodologia do programa de planejamento e gerenciamento ágil de projetos da FUCAPI (PROGEP). Esta metodologia de planejamento adota todas as áreas do conhecimento e as “boas práticas” de gestão de projetos contidas na versão 2004 do PMBook (Project Management Book – Livro de Gerenciamento de Projetos), lançado pelo PMI (Project Management Institute – Instituto de Gerenciamento de Projetos).

O PROGEP é um programa composto por uma seqüência de planilhas e formulários (templates), que todos os coordenadores de projetos utilizam para planejar e acompanhar os projetos sob sua responsabilidade. Estas planilhas e formulários auxiliam os coordenadores de projetos da instituição a planejar e acompanhar todas as ações das nove áreas do conhecimento descritas no PMBook (escopo, tempo, custo, qualidade, recursos humanos, aquisições, risco, comunicação e integração), com a inserção das informações pertinentes aos projetos sob sua responsabilidade. Cada documento gerado por esta metodologia é atualizado mensalmente pelos coordenadores, recebendo a avaliação e aprovação destes pelos superiores diretos de cada coordenador e também do Escritório de Projetos.

Durante a execução do projeto, foram tomadas as medidas necessárias para garantir a segurança das informações geradas pelo mesmo, através do respeito às regras e processos do Sistema de Gestão da Segurança da Informação (implantado a partir da certificação da instituição na Norma ABNT-ISO 27.001). O projeto também seguiu as regras para atendimento ao Sistema de Gestão da Qualidade (implantado a partir da certificação da instituição na Norma ABNT-ISO 9.001).

Todas as contratações e aquisições seguiram as regras internas do CSC da instituição, como garantia ao cumprimento da Lei Federal 8.666/1993 (Lei de Licitações).

Os resultados das análises de qualidade de água foram realizados em dois momentos distintos, sendo um deles na parte inicial de monitoramento das ETAs (Primeira Fase),

onde estas foram operadas conforme a forma prevista no plano de qualificação, ou seja, atendendo-se às características de uma estação de tratamento de água com a tecnologia FiME tradicional. O segundo momento de operação das ETAs (Segunda Fase) se estabeleceu a partir da instalação de adaptações e inclusões de etapas adicionais à tecnologia FiME tradicional, de maneira a desenvolver tecnologias alternativas para tratamento das águas estudadas, tornando a água tratada por estas, em conformidade com o atendimento aos parâmetros de qualidade da água tratada estabelecidos na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

5.2 Concepção e Montagem das ETAs Piloto

A concepção e montagem das ETAs Piloto para acompanhamento da tecnologia no tratamento das águas do Rio Negro e do Rio Solimões foi realizada de maneira idêntica, de forma a possibilitar que, as adaptações necessárias para diferenciar e adaptar os parâmetros de projeto à realidade de cada tipo de água fossem identificadas e definidas a partir dos resultados analíticos dos parâmetros acompanhados individualmente.

Para a concepção das ETAs Piloto, foram consultadas bibliografias sobre o tema, sendo estas resumidas e organizadas no item “3 – REVISÃO DA LITERATURA” deste trabalho científico. A descrição e o detalhamento da concepção do sistema de tratamento proposto são apresentados no item “4 – METODOLOGIA”.

Após a concepção das ETAs, foi feito o detalhamento construtivo e se elaborou todos os documentos necessários para a realização da licitação para contratação da execução das obras civis para montagem das ETAs Piloto, sendo estes apresentados no ANEXO 1, constituídos pelo “Projeto Básico, Memorial Descritivo e Desenhos das obras civis da implantação da ETA Rio Negro e ETA Rio Solimões”. Estes documentos foram utilizados na concorrência pública para a contratação destas obras, de acordo com a lei de licitações (Lei 8.666/1993).

Após a concepção dos equipamentos da tecnologia FiME em fibra de vidro, foi feito o detalhamento construtivo e se elaborou todos os documentos necessários para a

realização da licitação de contratação da construção destes equipamentos, para posterior montagem das ETAs Piloto, sendo estes apresentados no ANEXO 2, constituídos pelo “Memorial Descritivo e Desenhos dos equipamentos em fibra de vidro, instalados na ETA Rio Negro e ETA Rio Solimões”. Estes documentos foram utilizados na concorrência pública para a contratação da fabricação dos equipamentos, de acordo com a lei de licitações (Lei 8.666/1993).

Tendo em vista a possibilidade de divulgação e extravio das informações, consideradas sigilosas antes da comprovação da eficiência da tecnologia e dos equipamentos estudados, principalmente em função do risco de uso indevido destas, anteriormente à entrega do detalhamento dos equipamentos em fibra de vidro para cotação aos possíveis fornecedores, foram assinados contratos de sigilo da informação com cada fornecedor participante do processo de licitação.

Em razão da necessidade de se garantir a disponibilidade de uso de área interna de outras instituições durante a realização deste projeto de pesquisa, além da entrada periódica nestas áreas e se evitar potenciais problemas com uso indevido do patrimônio do projeto, foram estabelecidos Convênios de Cooperação Técnica, seguidos de Plano de Trabalho, firmados entre a FUCAPI e a empresa Águas do Amazonas (para instalação da ETA Rio Negro) e também entre a FUCAPI e a Prefeitura Municipal de Careiro da Várzea (para instalação da ETA Rio Solimões).

Nas Figuras de 47 a 59 são apresentadas as etapas de fabricação dos equipamentos em fibra de vidro, as etapas das obras civis necessárias e a montagem das ETAs no Bairro do Mauzinho em Manaus-AM e na Vila do Km 13 em Careiro da Várzea-AM.



Figura 47: Fabricação do PFD das ETAs



Figura 48: Fabricação do PFVAC e do FL das ETAs



Figura 49: FL, PFVAC e PFD das ETAs fabricados



Figura 50: Local da Instalação da ETA Rio Negro, em Manaus-AM



Figura 51: Obra civil necessária para a Instalação da ETA Rio Negro



Figura 52: Início da montagem da ETA Rio Negro



Figura 53: Montagem da ETA Rio Negro



Figura 54: ETA Rio Negro montada



Figura 55: Local da Instalação da ETA Rio Solimões, em Careiro da Várzea-AM



Figura 56: Obra civil necessária para a Instalação da ETA Rio Solimões



Figura 57: Início da montagem da ETA Rio Solimões



Figura 58: Montagem da ETA Rio Solimões



Figura 59: ETA Rio Solimões montada

Na Tabela 25 são enumerados os principais problemas encontrados nas etapas de concepção e montagem das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões.

Tabela 25: Principais problemas e soluções encontradas nas etapas de concepção e montagem das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões

Descrição	Problemas	Soluções
Não formalização de acordo de cooperação técnica entre a FUCAPI e a Prefeitura Municipal de Careiro da Várzea-AM.	Mesmo depois de treze meses de articulação intensa entre o autor e as assessorias jurídicas da Prefeitura Municipal de Careiro da Várzea e da FUCAPI o acordo não pode ser formalizado, por falhas de comunicação entre estas assessorias.	Instalação da ETA Rio Solimões sem nenhuma formalização, somente mediante o diálogo positivo e pró-ativo entre o autor, as diretorias da FUCAPI envolvidas e o prefeito, vice-prefeito, secretários municipais e os técnicos da Prefeitura de Careiro da Várzea-AM.
Atraso na formalização de acordo de cooperação técnica entre a FUCAPI e a empresa Águas do Amazonas.	Depois de oito meses de articulação intensa entre o autor e as assessorias jurídicas da Águas do Amazonas e da FUCAPI o acordo pode ser formalizado. O atraso se deu em função do tempo necessário para a conclusão do termo de cooperação.	Intensa articulação do autor com as duas assessorias jurídicas (FUCAPI e Águas do Amazonas) e os envolvidos na assinatura pelas duas instituições.

Tabela 25: Principais problemas e soluções encontradas nas etapas de concepção e montagem das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões

Descrição	Problemas	Soluções
Atraso na aquisição de peças e acessórios.	Indisponibilidade de fornecedores para peças e acessórios para montagem das ETAS, como rotâmetro, areia, aparelhos de análise de qualidade de água, entre outros.	Intensificação da busca de fornecedores destes materiais no Brasil e articulação interna para aceleração da aprovação para a compra dos materiais na FUCAPI.
Documentos necessários para realização das contratações de prestadores de serviço para execução das obras civis e para a fabricação dos equipamentos em fibra de vidro.	Para cada contratação foi necessária a realização de uma licitação, incluindo a elaboração dos documentos exigidos para sua realização, além da efetivação de contratos de sigilo com os fornecedores.	Intensificação do trabalho para elaboração de todos os documentos exigidos para realização das licitações e de articulação entre as áreas internas e fornecedores.
Baixo número de prestadores de serviço dispostos a participar das licitações.	Os prestadores de serviço, tendo em vista o baixo valor das obras civis e da fabricação dos equipamentos, não se interessaram em participar das licitações.	Intensificação da articulação com os fornecedores. Com essa intensificação, conseguiu-se o número mínimo de empresas necessárias para a licitação para contratação das obras civis, já para a fabricação dos equipamentos em fibra de vidro, apenas dois fornecedores se prontificaram a participar, sendo que o terceiro emitiu uma declaração de desistência da licitação.
Transporte dos equipamentos em fibra de vidro para a ETA Rio Negro.	Um deslizamento de terra (barreira) impossibilitou a passagem do veículo transportador até o local da ETA Rio Negro.	Aguardou-se o tempo necessário para o restabelecimento da estabilidade do talude para posterior transporte dos equipamentos (Figuras 60 e 61).

Tabela 25: Principais problemas e soluções encontradas nas etapas de concepção e montagem das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões

Descrição	Problemas	Soluções
Montagem da interligação hidráulica entre os equipamentos.	Indisponibilidade de mão-de-obra para sua realização.	O autor, com auxílio de um estagiário, realizou todas as interligações entre os equipamentos.
Falta de graduação no leitor de vazão em um dos rotâmetros adquiridos.	A permanência do rotâmetro sem escala de graduação inviabilizou, temporariamente, o início de operação da ETA Rio Negro.	Devolução do rotâmetro ao fabricante, aguardando-se o reenvio de outro equipamento para substituição.
Rompimento dos tirantes internos do PFD.	Os tirantes internos do PFD, executados em fibra de vidro, não resistiram aos esforços nas paredes de maior comprimento, provocando flambagem nestas paredes.	Para se normalizar estes equipamentos, foram confeccionados reforços laterais, a partir de cantoneiras de aço em L e parafusos de aço (Figura 62).
Não identificação da necessidade de instalação de fixadores para os equipamentos em fibra de vidro, para garantir sua estabilidade.	Instabilidade (insegurança) dos equipamentos em fibra de vidro quando montados sobre a plataforma metálica.	Para se evitar a possível queda dos equipamentos, foram construídos fixadores com cantoneiras, cabos e esticadores de aço (Figura 63).

Nas Figuras de 60 a 63 são apresentadas figuras ilustrativas dos principais problemas e soluções encontradas para o cumprimento das etapas de concepção e montagem das ETAs Piloto.



Figura 60: Deslizamento de encosta na área interna da ETA Mauazinho



Figura 61: Recuperação da encosta na área interna da ETA Mauazinho

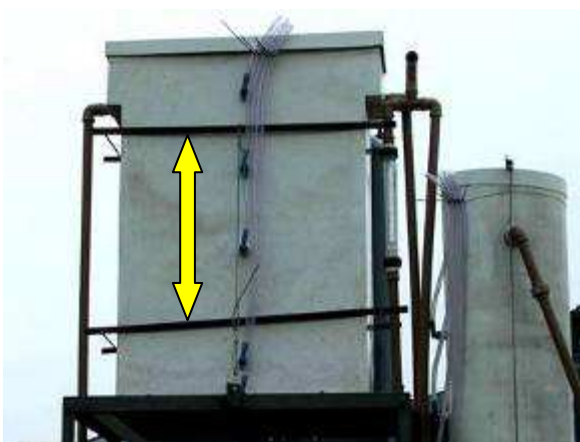


Figura 62: Reforço lateral dos PFDs



Figura 63: Tirantes de fixação dos equipamentos em fibra de vidro

5.3 Ajustes iniciais

A realização dos ajustes iniciais nas ETAs Piloto para acompanhamento da tecnologia no tratamento das águas do Rio Negro e do Rio Solimões foram realizados de maneira idêntica, de forma a possibilitar que, todos os ajustes necessários para o início de funcionamento de uma ETA fossem repetidos na outra.

Somente depois da finalização dos ajustes iniciais se iniciou a fase de operação e posterior diferenciação e adaptação dos parâmetros de projeto à realidade de cada tipo de água, a partir do acompanhamento dos resultados de análises de qualidade de água realizadas na ETA Rio Negro e na ETA Rio Solimões.

Durante os ajustes iniciais foram realizadas três visitas por semana em cada ETA, para acompanhamento do funcionamento hidráulico das mesmas e para realização das adaptações nas tubulações de interligação, além da coleta de amostras de água para análise.

Na Tabela 26 são enumerados os principais problemas encontrados na etapa de ajustes iniciais de início de funcionamento e as adaptações realizadas nas ETAs do Rio Negro e do Rio Solimões.

Tabela 26: Principais problemas e soluções encontradas na etapa de ajustes iniciais das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões

Descrição	Problemas	Solução
Tubulações de Interligação.	Vazamentos nas tubulações.	Todas as tubulações que apresentaram vazamentos foram substituídas, já as conexões roscáveis que apresentaram vazamentos tiveram sua camada de material vedante reforçada.
Rotâmetro.	Quebra das peças de conexão entre o rotâmetro e a tubulação. Todas as 8 peças dos quatro rotâmetros se quebraram, por baixa qualidade do material fornecido pelo fabricante.	As duas primeiras peças a se quebrarem foram substituídas por outras de Teflon. Como as quebras continuaram a acontecer, o fabricante foi acionado e substituiu as 8 peças danificadas (Figura 64).
Rotâmetro.	Formação de lodo no interior dos rotâmetros, provocadas pela forte insolação sobre o mesmo.	Confecção de uma capa de cor preta para bloqueio da passagem de luz ao interior dos rotâmetros (Figura 65).

Tabela 26: Principais problemas e soluções encontradas na etapa de ajustes iniciais das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões

Descrição	Problemas	Solução
Ajuste de vazão.	As válvulas de esfera de PVC de ¾" à montante e à jusante do PFD não proporcionaram precisão no ajuste de vazão suficiente.	Inclusão de uma válvula de bronze do tipo globo de ½" após as referidas válvulas de esfera de PVC de ¾" (Figura 66).
Areia do FL.	A areia do FL, embora se tenha adquirido como tal, não passou por uma lavação, pelo fabricante, suficiente para uso direto no equipamento, provocando o aumento de cor e turbidez da água.	Os FLs foram desmontados e o seu material granular foi lavado manualmente, com água corrente e friccionamento da areia com as mãos (Figura 67).
Perda de areia do FL.	Transpasse de areia pelo fundo falso do FL na ETA Rio Negro, provocada pelo baixo pH da água, com conseqüente desintegração da tela de aço colocada sobre o mesmo.	Os FLs foram novamente desmontados, sendo incluídas camadas de material granular decrescentes, com 5 cm de espessura, a partir do fundo falso (Figuras 68 e 69).
Areia do FL.	O FL, mesmo depois da lavação manual, continuou provocando o aumento de cor e turbidez, esta areia também apresentou granulometria insuficiente para permitir o seu uso no FL, com grãos variando entre 0,50 e 1,00 mm.	Aquisição de tela com malha específica e confecção de peneiras para substituição da areia através de peneiramento de material adquirido no mercado local, que passou a ter granulometria entre 0,10 e 0,50 mm.
Camada superior do PFD.	Falta de material para completar o volume necessário para a camada superior o PFD.	Aquisição de tela e confecção de peneiras para se conseguir completar a espessura do material granular do PFD através de peneiramento de seixos adquiridos diretamente no mercado local (Figura 70).

Tabela 26: Principais problemas e soluções encontradas na etapa de ajustes iniciais das ETAs Piloto dos Rios Negro e Solimões

Descrição	Problemas	Solução
Análises de qualidade da água.	Paralisação da realização das análises de qualidade da água.	Em função da mudança de física dos Laboratórios da FUCAPI, as análises tiveram que ser interrompidas até a nova habilitação dos mesmos.
Tubulação de entrada de água nas ETAs.	A tubulação de entrada de água nas ETAs foi construída com mangueiras transparentes, que, com a insolação diária, promoveu a formação de lodo no interior destas.	Substituição das tubulações transparentes por tubulações opacas de cor cinza (Figura 71).
Entrada de animais no PFD da ETA Rio Solimões.	Entrada de rãs na área interna do PFD da ETA Rio Solimões, através da tubulação de saída de água excedente.	Colocação de uma tela na tubulação de saída de água excedente do PFD, quando esta se liga à rede de drenagem (Figura 72).
Regularidade da vazão.	Mesmo com a inclusão das válvulas globo, as vazões das ETAs não se mantiveram constantes, tanto pelas interrupções no fornecimento de energia, como também pela imprecisão a partir destas válvulas, que trabalhavam sob a pressão variável das motobombas das ETAs.	Inclusão de um sistema de regularização de vazão e de fornecimento de energia alternativo, composto por um reservatório de água de 500 L, uma bomba peristáltica de 12 VCC, duas baterias automotivas de 12 VCC e um carregador de baterias (Figuras 73 e 74).
Bomba peristáltica.	Quebra do grampo do eixo e rachadura das mangueiras peristálticas das bombas peristálticas.	Acionamento do fabricante para substituição das peças danificadas (Figuras 75 e 76)

Nas Figuras de 64 a 76 apresentam-se ilustrações dos problemas/soluções necessários ao cumprimento da etapa de ajustes iniciais das ETAs Piloto.

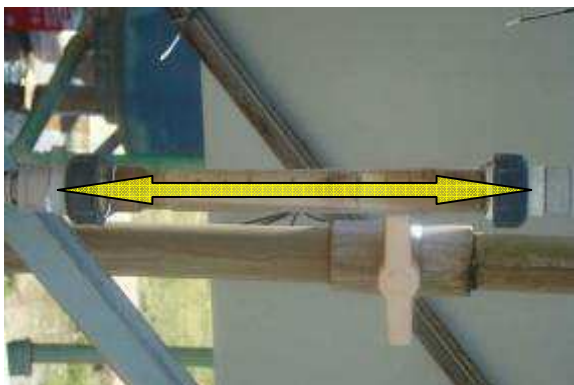


Figura 64: Peça de conexão do rotâmetro que se quebrou durante o uso normal



Figura 65: Formação de lodo e capa confeccionada para o rotâmetro



Figura 66: Válvula do tipo globo inserida à montante e à jusante do PFD



Figura 67: Lavação manual da areia dos FLs



Figura 68: Inserção de camadas granulares a partir do fundo dos FLs, necessárias em função da deterioração da tela de aço inox



Figura 69: Camadas de granulometrias decrescentes para suporte areia dos FLs



Figura 70: Peneiras de seleção do material granular para complementação do PFD



Figura 71: Formação de lodo na tubulação transparente de adução das ETAs



Figura 72: Tela colocada na tubulação de água excedente dos PFDs



Figura 73: Reservatório para regularização de vazão das ETAs



Figura 74: Painel de guarda da bomba peristáltica, carregador e conjunto de baterias



Figura 75: Quebra do grampo do eixo de rotação da bomba peristáltica

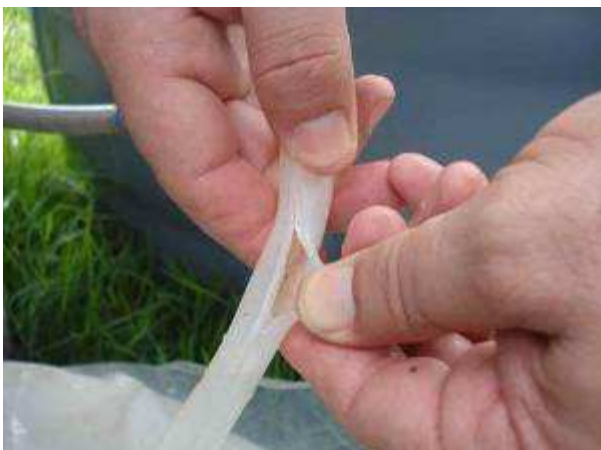


Figura 76: Mangueira peristáltica da bomba, apresentando danificação

Nas Figuras 77 e 78 são apresentadas as ETAs Rio Negro e Rio Solimões após realizadas todas as intervenções necessárias na etapa de ajustes iniciais.



Figura 77: Aspecto geral da ETA Rio Negro após a finalização das intervenções



Figura 78: Aspecto geral da ETA Rio Solimões após a finalização das intervenções

5.4 Configuração final das ETAs estudadas

Na Figura 79 se apresenta o esquema de funcionamento das ETAs Piloto, definido após finalização das modificações realizadas na etapa de ajustes iniciais.

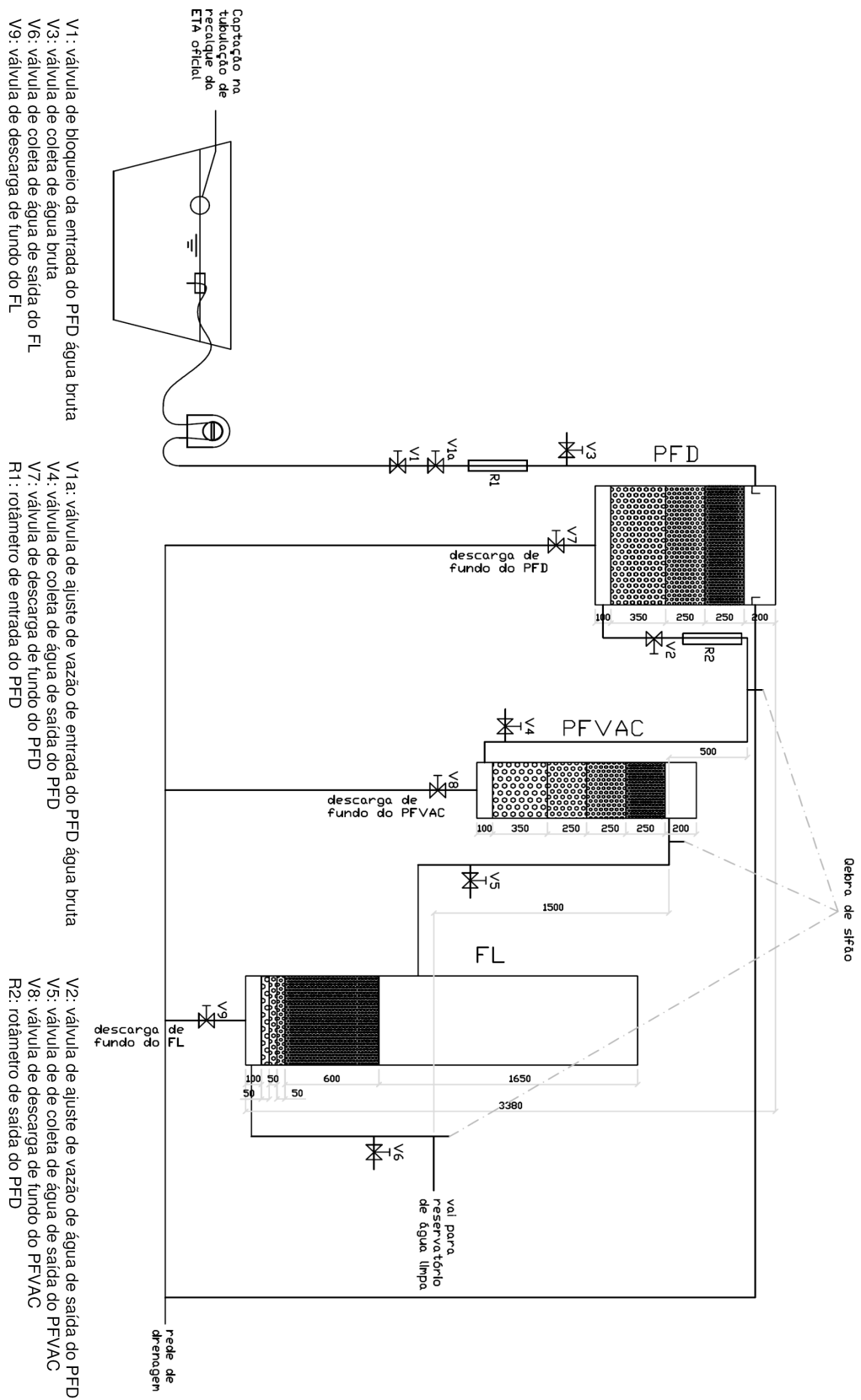


Figura 79: Concepção das ETAs Piloto após a etapa de ajustes iniciais

5.4.1 Captação das águas superficiais

Para este estudo, as águas superficiais foram captadas junto à Estação de Tratamento de Água do Mauazinho, operada pela empresa Águas do Amazonas (água do Rio Negro) e junto à Estação de Tratamento de Água do Km 13, operada pela Prefeitura Municipal de Careiro da Várzea (água do Rio Solimões).

Nas Figuras 80 e 81 são apresentados os ponto de captação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões, junto à tubulação de água bruta que alimenta o laboratório da ETA do Mauazinho e junto à tubulação de entrada de água da ETA do Km 13.



Figura 80: Derivação na tubulação para captação de água na ETA Rio Negro



Figura 81: Derivação na tubulação para captação de água na ETA Rio Solimões

5.4.2 Pré-Filtro Dinâmico

Na seqüência são apresentadas as principais características construtivas dos pré-filtros dinâmicos utilizados na operação das ETAs Piloto:

- Tubulação de entrada: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída da água excedente: através de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ ";
- Dispositivo de entrada: através de um canal de distribuição de 5 cm de largura e 5 cm de altura ao longo de toda largura do PFD;

- Dispositivo de saída da água excedente: através de um canal de coleta de 5 cm de largura e 5 cm de altura ao longo de toda largura do PFD;
- Vazão afluente: 80,0 L/h;
- Vazão efluente: 50,0 L/h;
- Dispositivo de coleta da água tratada: fundo falso com altura de 10 cm, contendo furos de 10 mm espaçados a cada 20 mm;
- Descarga de fundo: através de adaptador para caixa d'água de 2" e válvula de esfera de mesmo diâmetro posicionada no centro do fundo do pré-filtro;
- Regime de operação: fluxo contínuo;
- Cobertura: tampa em fibra de vidro;
- Limpeza do pré-filtro dinâmico: realizada de acordo com a necessidade (de acordo com os resultados das análises de qualidade de água), através do aumento da vazão afluente e revolvimento do material sedimentado na superfície do material filtrante e também através de descarga de fundo. Toda água descartada foi direcionada para a rede de coleta de águas pluviais na ETA Mauazinho e para a canalização de descarte de água da limpeza dos filtros na ETA km 13;
- Piezômetro: construído com mangueira transparente de ½" e acoplados ao PFD através de adaptadores para caixa d'água de mesmo diâmetro;
- Material construtivo do PFD: fibra de vidro.

Na Tabela 27 são apresentadas as características da pré-filtração dinâmica.

Tabela 27: Características construtivas do pré-filtro dinâmico

Parâmetro	Valores utilizados
Método de operação	Contínuo
Número de unidades	1
Taxa de aplicação ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)	6,00
Vazão (L/h)	50
Vazão (m^3/d)	1,20
Área em planta da unidade (m^2)	0,20
Relação comprimento largura	3,20
Largura (m)	0,25
Comprimento (m)	0,80
Meio granular:	
- número de subcamadas	3
- espessura mínima e granulometria do material granular	
- subcamada inferior	0,35 m; 19,0 a 25,0 mm
- subcamada intermediária	0,25 m; 7,9 a 15,9 mm
- subcamada superior	0,25 m; 3,2 a 6,4 mm
Altura da lâmina líquida sobre a superfície do meio granular (cm)	4

5.4.3 Pré-filtro vertical ascendente em camadas

A seguir, são apresentadas as principais características construtivas dos pré-filtros verticais ascendentes em camadas utilizados na operação das ETAs Piloto:

- Tubulação de entrada: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Dispositivo de distribuição do afluente: fundo falso com 10 cm de altura, contendo orifícios de 10 mm espaçados a cada 20 mm;
- Dispositivo de coleta do efluente: através da manutenção de uma lâmina de água de 5 cm acima do nível do leito filtrante, com uma única saída lateral;
- Descarga de fundo: através de adaptador para caixa d'água de 2" e válvula de esfera de mesmo diâmetro posicionados no centro e fundo do PFVAC;
- Regime de operação: fluxo contínuo;
- Cobertura: tampa em fibra de vidro;

- Limpeza do pré-filtro ascendente: de acordo com a necessidade (de acordo com os resultados das análises de qualidade de água). Toda água descartada foi direcionada para a rede de coleta de águas pluviais na ETA Mauzinho e para a canalização de descarte de água da limpeza dos filtros na ETA km 13;
- Piezômetro: construído com mangueira transparente de ½" e acoplados ao PFVAC através de adaptadores para caixa d'água de mesmo diâmetro;
- Material construtivo: fibra de vidro.

Na Tabela 28 são apresentadas as principais características do PFVAC das ETAs Piloto.

Tabela 28: Características propostas para o PFVAC

Parâmetro	Recomendação ou valor recomendado
Método de operação	Contínuo
Taxa de aplicação (m³/m².d)	10,90
Número de unidades	1
Área em planta (m²)	0,11
Diâmetro (m)	0,376
Carga hidráulica para retenção de impurezas (m)	0,5
Altura mín. da lâmina líquida sobre a superfície do meio granular (cm)	5
Espessura da camada e meio granular	
- subcamada inferior	0,35 m; 19,0 a 31,0 mm
- subcamada intermediária 1	0,25 m; 12,7 a 19,0 mm
- subcamada intermediária 2	0,25 m; 6,4 a 12,7 mm
- subcamada superior	0,25 m; 2,4 a 4,8 mm

5.4.4 Filtro lento

A seguir, são apresentadas as principais características construtivas dos filtros lentos utilizados na operação das ETAs Piloto:

- Tubulação de entrada: tubo de PVC soldável de ¾";
- Tubulação de saída: tubo de PVC soldável de ¾";

- Dispositivo de distribuição do afluente: através da manutenção de uma lâmina de água de 5 cm acima do nível do leito filtrante;
- Dispositivo de coleta do efluente: fundo falso de 10 cm de altura, contendo furos de 10 mm espaçados a cada 20 mm e três camadas de 5 cm de material com granulometria decrescente, sendo estes compostos de Seixo 3, Seixo 2 e Seixo 1 (utilizados para construção de poços para captação de água subterrânea);
- Descarga de fundo: através de adaptador para caixa d'água de 2" e válvula de esfera de mesmo diâmetro. O mesmo dispositivo foi utilizado para drenagem do sobrenadante durante a carreira de filtração, sendo que após o final da carreira de filtração, o sobrenadante foi drenado através do piezômetro;
- Regime de operação: fluxo contínuo com nível de água variável na entrada;
- Cobertura: tampa em fibra de vidro;
- Limpeza do filtro lento: realizada sempre que o nível de água de entrada ultrapassar a altura de 144 cm acima da areia, através da abertura da válvula de descarga de fundo e remoção e/ou revolvimento de 2 cm do leito filtrante. A água descartada era direcionada para a rede de águas pluviais na ETA Mauzinho e para o descarte de água da limpeza dos filtros na ETA km 13;
- Material Construtivo: fibra de vidro.

A Tabela 29 apresenta as principais características dos filtros lentos das ETAs Pilotos.

Tabela 29: Características propostas da areia usada no filtro lento

Parâmetro	Valor
Taxa de filtração ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)	4,28
Área em planta (m^2)	0,28
Diâmetro (m)	0,60
Espessura da camada (m)	0,6
Tamanho dos grãos (mm)	0,10 a 0,50

5.4.5 Dimensionamento das ETAs Piloto

Após a definição da vazão estudada, a planilha de dimensionamento, utilizando uma planilha de cálculo, foi realimentada, sendo os resultados apresentados na Tabela 30.

Tabela 30: Recálculo dos equipamentos das ETAs Piloto

Memorial de cálculo									
Filtro dinâmico:									
Taxa de aplicação =	12	m ³ /m ² .d							
Número de unidades =	1	unidades							
Carga hidráulica disp. =	0,05	mca							
Espessura do pré-filtro =	0,85	m							
Cálculo da área do pré-filtro									
Apf = Q / Taxa de aplicação =	0,1	m ²	Comp =	800,00	mm	⇒	0,2	m ²	
			Larg =	250,00	mm				
			Relação comp/larg =	3,20			Taxa aplicação real =	6,00	m³/m².d
Pré-filtro:									
Taxa de aplicação =	12	m ³ /m ² .d							
Número de unidades =	1	unidades							
Carga hidráulica disp. =	0,5	mca							
Espessura do pré-filtro =	1,4	m							
Cálculo da área do pré-filtro									
Apf = Q / Taxa de aplicação =	0,1	m ²	D =	356,82	mm	⇒	376	mm	
									0,11 m ²
							Taxa aplicação real =	10,81	m³/m².d
Filtração lenta:									
Taxa de aplicação =	3	m ³ /m ² .d							
Número de unidades =	1	unidades							
Carga hidráulica disp. =	1,5	mca							
Espessura do filtro =	0,6	m							
OBS: a) Filtro com nível variável;									
b) Sistema de drenagem por fundo falso e camada de granulometria decrescente									
Cálculo da área para filtro									
Afl = Q / Taxa de aplicação =	0,40	m ²	D =	713,65	mm	⇒	600	mm	Área = 0,28 m ²
							Taxa aplicação real =	4,24	m³/m².d

5.5 Operação das ETAs

A operação das estações de tratamento de água pilotos foi realizada em dois momentos distintos, sendo um deles na parte inicial de monitoramento das ETAs (Primeira Fase), onde estas foram operadas conforme a forma proposta no plano de qualificação, ou seja, atendendo-se às características de uma estação de tratamento de água com a tecnologia FiME tradicional. O segundo momento de operação (Segunda Fase), estabeleceu-se a partir da instalação de modificações na tecnologia FiME, com a inclusão de adaptações e etapas adicionais, de maneira a viabilizar o uso desta tecnologia para tratamento das águas estudadas (águas pretas e brancas da Região Amazônica), ou seja, de maneira a se obter um efluente em conformidade com os parâmetros de qualidade da água potável estabelecidos pela Portaria 518, de 25 de março de 2004, emitida pelo Ministério da Saúde.

5.5.1 Primeira Fase de operação das ETAS

Depois das fases de concepção, montagem e ajustes iniciais, que em função das dificuldades encontradas se estendeu de janeiro de 2008 a abril de 2009, a Primeira Fase de operação da ETA Rio Negro e da ETA Rio Solimões se iniciou em maio de 2009, sendo acompanhadas até o mês de fevereiro/2010.

Durante toda a Primeira Fase de operação das ETAs, foi mantido o ajuste de vazão de entrada do PFD em 80 L/h e vazão de saída do PFD em 50 L/h, sendo este monitorado e reajustado três vezes por semana.

Levando-se em consideração a configuração inicial proposta para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa, várias modificações foram necessárias para permitir o funcionamento contínuo das ETAs Rio Negro e Rio Solimões, sendo que a configuração final das ETAs estudadas são apresentadas no Item 5.4 (Figura 79).

5.5.1.1 Principais ocorrências na operação da ETA Rio Negro – Primeira Fase

Na tabela 31 são apresentadas as principais ocorrências da operação da ETA Rio Negro em sua Primeira Fase.

Tabela 31: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Negro – Primeira Fase

Data	Ocorrência	Observação
18/05/09	Início de operação da ETA.	A partir do início de operação, foram realizados ajustes de vazão e coleta de amostras três vezes por semana. Foram realizadas análises de cor verdadeira, cor aparente, turbidez, pH e coliformes termotolerantes (coletas mensais).
22/05/09	Teste de confiabilidade do laboratório externo (foram coletadas duas amostras de água bruta e duas amostras do efluente do FL.	Os valores de cor verdadeira na água bruta, nos dois laboratórios, foram de 130 e 110 UC e a de água tratada foram de 90 e 80 UC, com estes resultados considerou-se o laboratório externo como confiável.
01/06/09	Interrupção da realização de análise de cor verdadeira na FUCAPI por falta de material.	As análises de cor verdadeira continuaram sendo realizadas pelo laboratório externo.
19/06/09	Queima do fusível da bomba peristáltica. Final da carreira de filtração do FL e início do monitoramento da lâmina d'água sobre o FL.	Substituição do fusível queimado. Esvaziamento do FL, revolvimento da areia superficial e registro fotográfico (até 2 cm) (Figuras de 82 a 90).
27/07/09	Interrupção na realização de análise de pH pelo Laboratório da FUCAPI por falta de material.	As análises de pH deixaram de ser realizadas.
03/08/09	Início da realização das análises de turbidez pela FUCAPI.	Retomada do monitoramento dos dados.
19/08/09	Retomada da realização das análises de pH e cor verdadeira, além do início da realização de cor aparente, ambos pela FUCAPI.	Retomada do monitoramento dos dados.

Tabela 31: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Negro – Primeira Fase

Data	Ocorrência	Observação
11/09/09	Final da carreira de filtração do FL.	Esvaziamento do FL e revolvimento da areia superficial (até 2 cm). Foi realizada a limpeza interna das mangueiras de sucção e recalque da bomba peristáltica.
16/09/09	Quebra da mangueira de recalque da bomba peristáltica, por desgaste da mesma.	Substituição das duas mangueiras (sucção e recalque) por outras de mesmas características.
05/10/09	Grande quantidade de lodo acumulado no reservatório de água de entrada da ETA.	Lavagem do reservatório.
07/10/09	Final da carreira de filtração do FL.	Esvaziamento do FL e revolvimento da areia superficial (até 2 cm).
21/12/09 a 06/01/10	Paralisação das análises de qualidade de água.	Atendimento ao período de recesso de final de ano dos laboratórios utilizados.
28/12/09	Final da carreira de filtração do FL.	Remoção de uma camada de areia de 5 cm da parte superior do FL.
05/02/10	Sujeira nas mangueiras de sucção e recalque da bomba peristáltica.	Limpeza das mangueiras de sucção e recalque da bomba peristáltica.
05/02/10	Instalação do filtro de carvão ativado e final da Primeira Fase de operação da ETA Rio Negro.	Início da preparação para a Segunda Fase de operação da ETA Rio Negro.

5.5.1.2 Ocorrências na operação da ETA Rio Solimões – Primeira Fase

Na tabela 32 são apresentadas as principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões em sua Primeira Fase.

Tabela 32: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões – Primeira Fase

Data	Ocorrência	Observação
09/05/09	Com a cheia dos rios da Amazônia em 2005, o nível do Rio Solimões atingiu o piso da estação.	Acompanhamento da subida do Rio (Figura 91).

Tabela 32: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões – Primeira Fase

Data	Ocorrência	Observação
13/05/09	Início de operação da ETA.	A partir do início de operação, foram realizados ajustes de vazão e coleta de amostras três vezes por semana. Foram realizadas análises de cor verdadeira, cor aparente, turbidez, pH e coliformes termotolerantes (coletas mensais).
22/05/09	Teste de confiabilidade do laboratório externo (foram coletadas duas amostras de água bruta e duas amostras do efluente do FL.	Os valores de cor verdadeira na água bruta, nos dois laboratórios, foram de 10 e 12 UC e a de água tratada foram de 50 e 50 UC, com estes resultados considerou-se o laboratório externo como confiável.
01/06/09	Interrupção na realização de análise de cor verdadeira na FUCAPI por falta de material.	As análises de cor verdadeira continuaram sendo realizadas pelo laboratório externo.
19/06/09	Visita do Técnico de Segurança do Trabalho da FUCAPI às instalações da ETA Rio Solimões, pois esta já apresentam 1,0 m de alagamento pelo Rio Solimões.	O painel elétrico da bomba peristáltica já apresentava 5 cm de alagamento, sendo colocados suportes de madeira abaixo das baterias (Figuras 96 e 97).
24/06/09	Queima de fusível do carregador de baterias, provocado por um inseto.	Substituição do fusível.
27/06/09	Interrupção na realização de análise de pH pelo Laboratório da FUCAPI por falta de material.	As análises de pH deixaram de ser realizadas.
01/07/09	Continuidade da queima de fusíveis, desde o dia 19/06.	Substituição dos roletes da bomba peristáltica, que estavam provocando sobrecarga no motor e substituição do fusível.
02/07/09	Continuidade da subida das águas do Rio Solimões, que atingiu um nível de 1,2 m de alagamento no piso da ETA e de 15 cm no interior do painel elétrico da bomba peristáltica e ficou a 5 cm para atingir o nível da caixa de entrada de energia da ETA do km 13.	Decisão da FUCAPI de interromper o funcionamento da ETA Rio Solimões, tendo em vista o risco de ataque de animais ao se operar a ETA, o aparecimento de fezes na água adjacente à ETA e o risco de choque elétrico aos integrantes do projeto (Figuras de 92 a 95).

Tabela 32: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões – Primeira Fase

Data	Ocorrência	Observação
24/07/09	Descida das águas do Rio até o nível da base de concreto da ETA Rio Solimões.	Realização de descarga de fundo em todos os equipamentos, visando o início do funcionamento da ETA.
01/08/09	Reinício da operação da ETA Rio Solimões.	As análises de cor verdadeira e pH continuaram interrompidas (Figuras de 98 e 99).
03/08/09	Identificada a elevada perda de carga no FL no reinício de sua operação.	Acompanhamento do funcionamento do FL. Reinício das análises de turbidez pela FUCAPI.
18/08/09	Final da carreira de filtração do FL, com lâmina d'água de 1,47 m sobre a camada filtrante.	Esvaziamento do FL, revolvimento da areia superficial (até 2 cm) e registro fotográfico do schmutzdecke (Figuras de 100 e 101).
19/08/09	Retomada da realização das análises de pH e cor verdadeira. Início da realização de cor aparente, todos pela FUCAPI.	Retomada do monitoramento dos dados.
21/09/09	Falta de energia elétrica na Vila do Km 13 por cerca de 24 h.	A falta de energia por este longo período proporcionou a parada automática da ETA Rio Solimões, tendo em vista que a autonomia do sistema de fornecimento de energia alternativo é de cerca de 12 h. A ETA voltou a operar automaticamente quando do retorno do fornecimento da energia elétrica.
25/09/09	Falta de energia elétrica na Vila do Km 13 por 12 h.	A falta de energia não proporcionou a parada da ETA, comprovando a importância do sistema de fornecimento de energia alternativo e também do reservatório de regularização de vazão, que neste dia estava com apenas 40 cm de água, porém manteve a ETA em funcionamento até o retorno do fornecimento de energia elétrica.

Tabela 32: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões – Primeira Fase

Data	Ocorrência	Observação
02/10/09	Final da carreira de filtração do FL.	Esvaziamento do FL, e revolvimento da areia superficial (até 2 cm). Foi realizada a limpeza do reservatório de regularização de vazão, que apresentava formação de lodo.
05/10/09	Quebra da mangueira de recalque da bomba peristáltica, por desgaste.	Substituição das duas mangueiras (sucção e recalque) por outras de mesmas características.
14/10/09	Queima do fusível da bomba peristáltica, provocada por oscilação na tensão elétrica, que provocou, também, a queima de dois transformadores da rede de distribuição de energia elétrica.	Substituição do fusível e restabelecimento da ETA (até a substituição do fusível, a ETA ficou parada por cerca de 24 h).
16/10/09	Queima do fusível da bomba peristáltica. A queima foi provocada por oscilação na rede de distribuição de energia elétrica.	Substituição do fusível e restabelecimento da ETA (até a substituição do fusível, a ETA ficou parada por cerca de 12 h).
19/10/09	Manutenção preventiva na bomba peristáltica.	Troca da mangueira e abertura da bomba para manutenção e lubrificação das engrenagens.
21/10/09	Queima do fusível da bomba peristáltica, provocada por oscilação na rede de distribuição de energia elétrica da Vila do Km 13.	Substituição do fusível e restabelecimento da ETA (até a substituição do fusível, a ETA ficou parada por cerca de 6 h).
23/10/09	Queima do fusível da bomba peristáltica, provocada por oscilação na rede de distribuição de energia elétrica da Vila do Km 13.	Substituição do fusível e restabelecimento da ETA (até a substituição do fusível, a ETA ficou parada por cerca de 6 h).
04/11/09	Falta de energia na ETA do Km 13, todavia, a ETA Rio Solimões continuava em funcionamento.	O reservatório de entrada estava quase vazio, mas a ETA continuava em funcionamento.
06/11/09	Falta de energia na ETA do Km 13, todavia, a ETA Rio Solimões continuava em funcionamento	O reservatório de entrada estava quase vazio, mas a ETA continuava em funcionamento.
09/11/09	Falta de energia na ETA do Km 13, todavia, a ETA Rio Solimões continuava em funcionamento.	O reservatório de entrada estava quase vazio, mas a ETA continuava em funcionamento.

Tabela 32: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões – Primeira Fase

Data	Ocorrência	Observação
13/11/09	Quebra da mangueira da bomba peristáltica.	A mangueira danificada foi substituída.
18/11/09	Final da carreira de filtração do FL.	Esvaziamento do FL e remoção de uma camada de areia de 5 cm na parte superior do FL.
23/12/09 a 06/01/10	Paralisação das análises de qualidade de água.	Atendimento ao período de recesso de final de ano dos laboratórios utilizados.
25/01/10	Final da carreira de filtração do FL.	Revolvimento até a profundidade de 2 cm na parte superior do FL.
28/02/10	Final da Primeira Fase de operação da ETA Rio Solimões.	Início da preparação para a Segunda Fase de operação da ETA Rio Solimões.

5.5.1.3 Relatório fotográfico da operação das ETAs– Primeira Fase

Apresenta-se, a seguir, o relatório fotográfico da Primeira Fase de operação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões.



Figura 82: Lâmina d'água de 144 cm sobre o FL da ETA Rio Negro

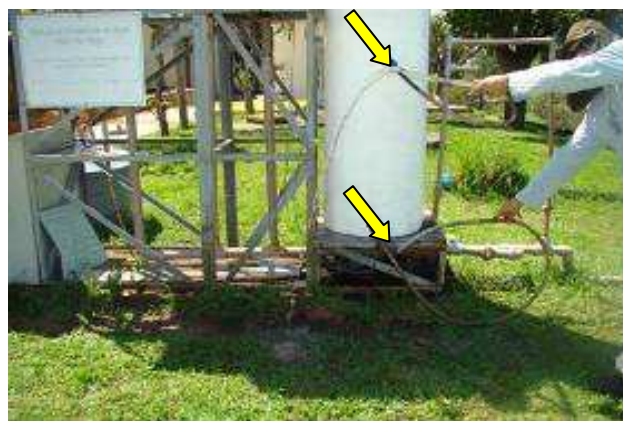


Figura 83: Efeito da colmatção do FL no esvaziamento através do piezômetro na ETA Rio Negro (mangueira superior com escoamento de água inferior não)



Figura 84: Esvaziamento do FL pelo Piezômetro na ETA Rio Negro



Figura 85: Furo da camada biológica na drenagem do FL da ETA Rio Negro



Figura 86: Aspecto da camada biológica e do furo nesta camada no FL na ETA Rio Negro

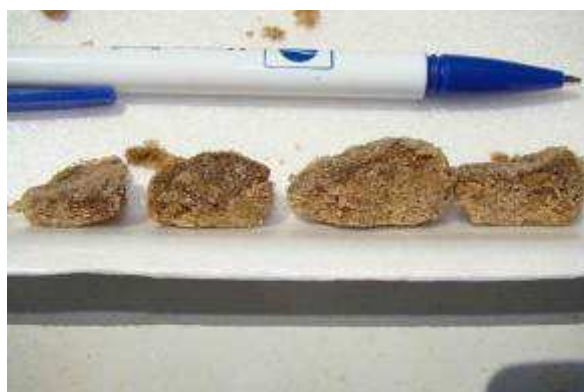


Figura 87: Aparência da camada biológica do FL na ETA Rio Negro



Figura 88: Aparência da camada biológica do FL na ETA Rio Negro



Figura 89: Aparência da areia do FL após o revolvimento na ETA Rio Negro



Figura 90: Aparência a areia do FL após o revolvimento na ETA Rio Negro



Figura 91: Início do alagamento da ETA Rio Solimões



Figura 92: Visita do Técnico de Segurança do Trabalho da FUCAPI na ETA Rio Solimões em 19/07/09



Figura 93: Visita do Técnico de Segurança do Trabalho da FUCAPI na ETA Rio Solimões em 19/07/09



Figura 94: Pico da cheia do Rio Solimões – Caixa de entrada de energia para a ETA Km 13 em 28/07/09



Figura 95: Pico da cheia do Rio Solimões – ETA Rio Solimões em 28/07/09



Figura 96: Pico da cheia do Rio Solimões – Painel elétrico da ETA Rio Solimões em 28/07/09



Figura 97: Pico da cheia do Rio Solimões – Interior do painel elétrico da ETA Rio Solimões em 28/07/09



Figura 98: Final do alagamento na área da ETA Rio Solimões em 01/08/09



Figura 99: Final do alagamento na área da ETA Rio Solimões em 01/08/09 - reinício da operação da mesma



Figura 100: Amostras da camada biológica do FL coletada na ETA Rio Solimões



Figura 101: Aparência de amostras da camada biológica do FL na ETA Rio Solimões

5.5.1.4 Resultados das análises de água – Primeira Fase

Durante a realização deste trabalho, foram coletadas amostras de qualidade da água bruta do Rio Negro e do Rio Solimões, durante o pico da estiagem de 2008 e o pico da cheia de 2009, sendo os valores obtidos apresentados nas Tabelas 33 e 34.

Tabela 33: Resultados das análises de qualidade da água bruta do Rio Negro

Parâmetro	Ref. Portaria 518/MS	Água Bruta em 21/nov/ 08 (seca)	Água Bruta em 26/jun/09 (cheia)
Cor Aparente (UH)	15,00	187,00	140,00
Cor Verdadeira (UH)	-	19,00	120,00
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	500,00	4,00	15,02
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,30	0,29	0,03
Fósforo Total (mg/L)	-	0,06	0,18
Manganês Dissolvido (mg/L)	0,10	0,01	0,0000
Amônia (mg/L)	1,50	0,29	0,41
pH	6 a 9	5,80	6,51
Turbidez (UT)	5,00	7,90	13,40
Coliformes Totais (HMP/ 100 mL)	-	Presença 100 mL	0
Coliformes Termotolerantes (HMP/100mL)	Ausência em 100 mL	Presença 100 mL	≥ 2400
Escherichia coli	Ausência em 100 mL	Presença 100 mL	0

Tabela 34: Resultados das análises de qualidade da água bruta do Rio Solimões

Parâmetro	Ref. Portaria 518/MS	Água Bruta em 21/nov/ 08 (seca)	Água Bruta em 26/jun/09 (cheia)
Cor Aparente (UH)	15,00	621,00	80,00
Cor Verdadeira (UH)	-	119,00	60,00
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	500,00	32,40	27,80
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,30	0,62	0,02
Fósforo Total (mg/L)	-	0,09	0,06
Manganês Dissolvido (mg/L)	0,10	0,05	0,1001
Amônia (mg/L)	1,50	0,38	0,69
pH	6 a 9	7,20	6,33
Turbidez (UT)	5,00	67,20	14,60
Coliformes Totais (HMP/ 100 mL)	-	Presença 100 mL	0
Coliformes Termotolerantes (HMP/100mL)	Ausência em 100 mL	Presença 100 mL	0
Escherichia coli	Ausência em 100 mL	Presença 100 mL	0

As Figuras de 102 a 107 apresentam os resultados das análises dos parâmetros avaliados na ETA Rio Negro – Primeira Fase.

As Figuras de 108 a 113 apresentam os resultados das análises dos parâmetros avaliados na ETA Rio Solimões – Primeira Fase.

No Anexo 3 são apresentadas as tabelas de acompanhamento da Primeira Fase da operação da ETA Rio Negro, preenchidas durante a etapa inicial de operação desta ETA

No Anexo 4 são apresentadas as tabelas de acompanhamento da Primeira Fase da operação da ETA Rio Solimões, preenchidas durante a etapa inicial de operação desta ETA

Em relação aos resultados das análises dos parâmetros coletados, ressalta-se:

- As amostras de água foram coletadas entre os dias 13/05/09 e 28/02/10 nos seguintes pontos:
 - P1: Entrada de água bruta
 - P2: Saída do PFD
 - P3: Saída do PFVAC
 - P4: Saída do FL
- Os pontos de coleta foram os mesmos, tanto para a ETA Rio Negro, como para a ETA Rio Solimões;
- As coletas de água foram realizadas três vezes na semana;
- Durante o período de coleta de amostras, foram mantidos os valores de vazão de 80 L/h na entrada do PFD e de 50 L/h na entrada do PFVAC e no FL, em cada ETA;
- Todas as demais observações e ocorrências são apresentadas nas Tabelas 32 e 33.

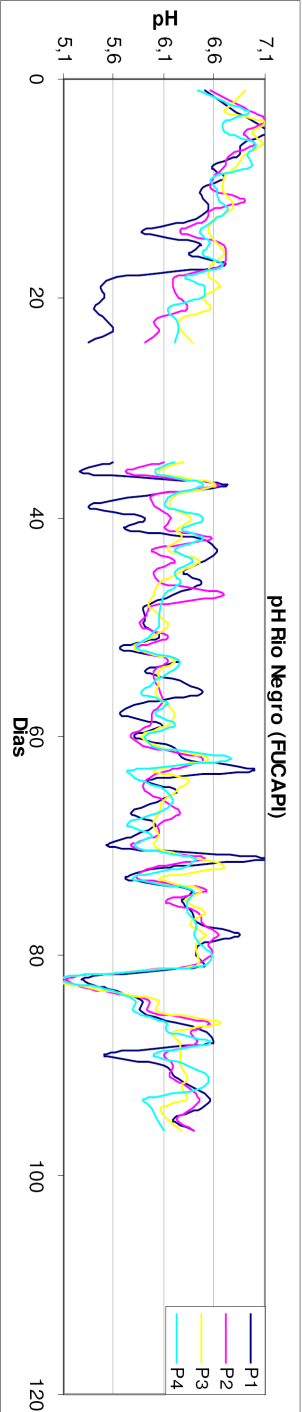


Figura 102: Resultados das análises de pH na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

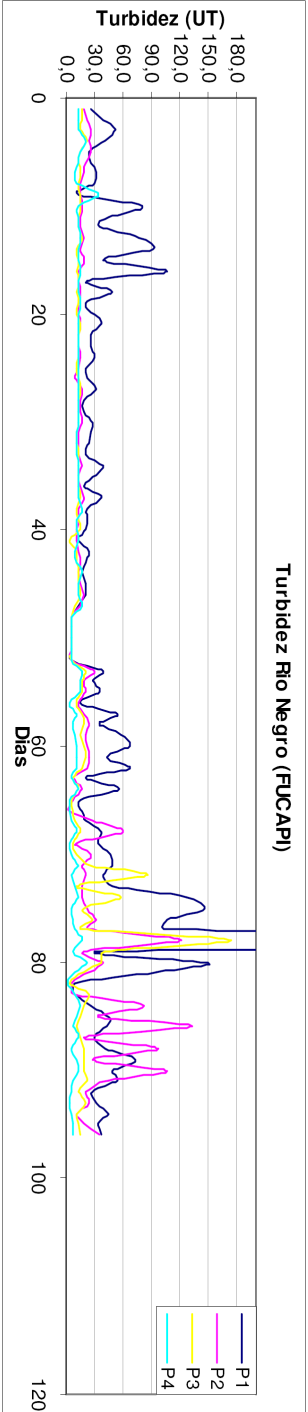


Figura 103: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

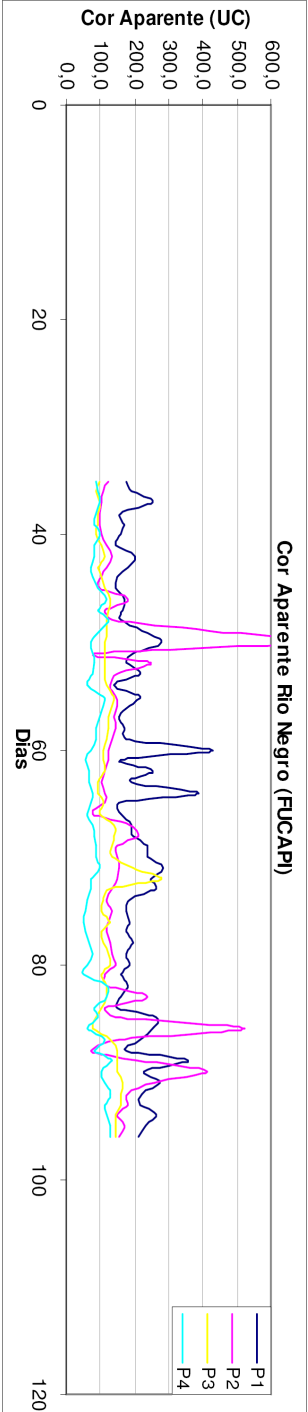


Figura 104: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

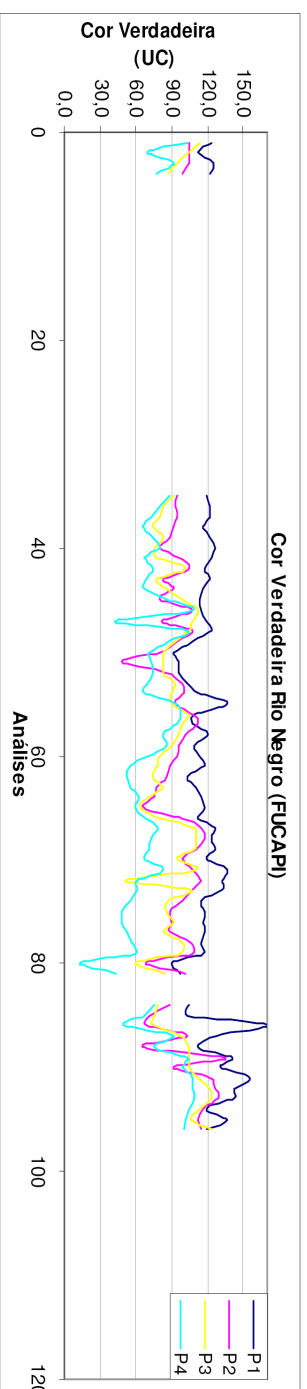


Figura 105: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

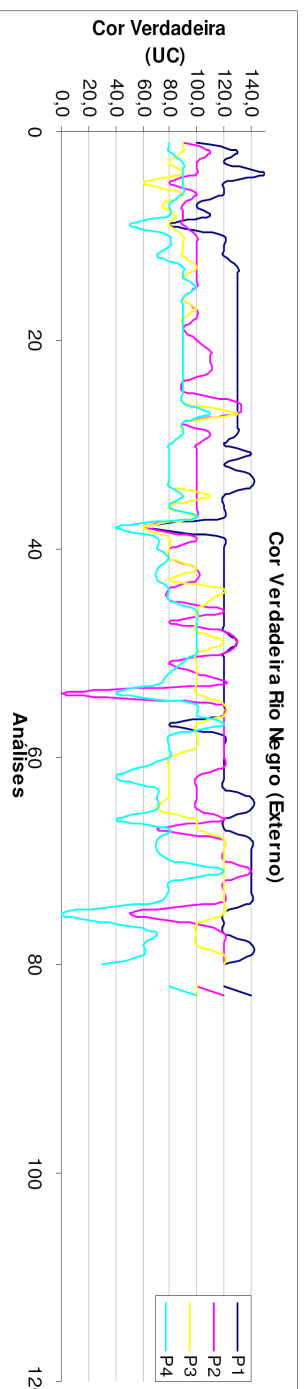


Figura 106: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório Externo

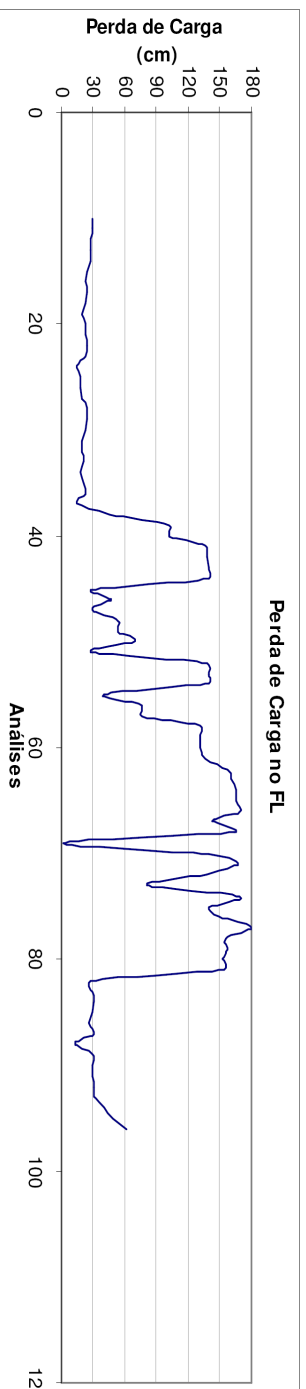


Figura 107: Acompanhamento dos resultados da perda de carga apresentada no FL da ETA Rio Negro

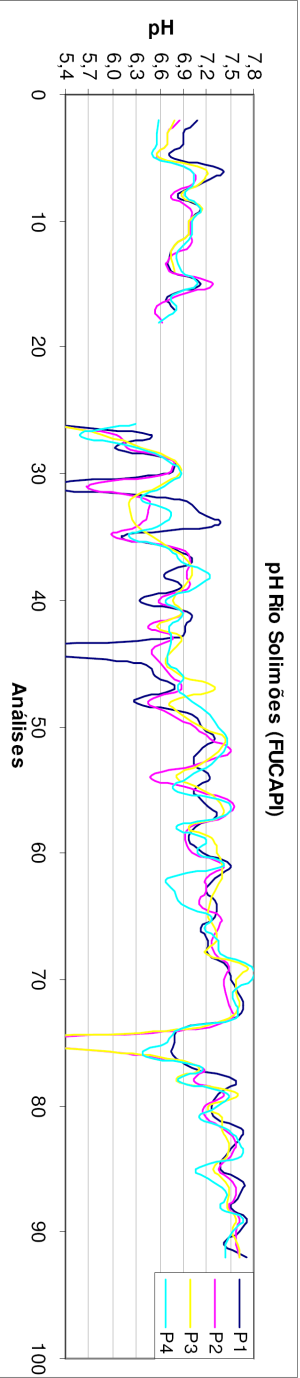


Figura 108: Resultados das análises de pH na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

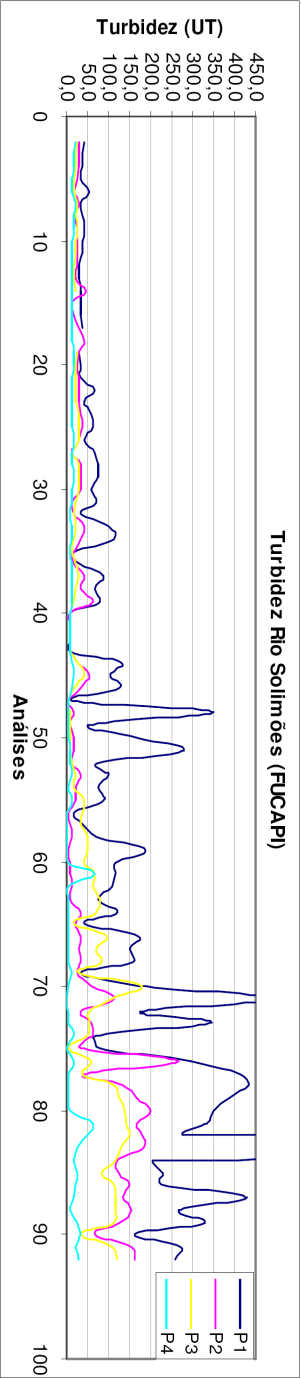


Figura 109: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

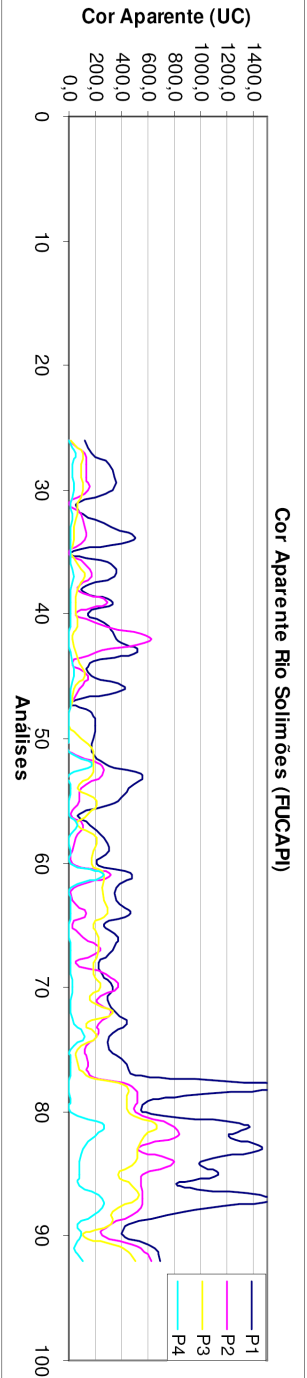


Figura 110: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

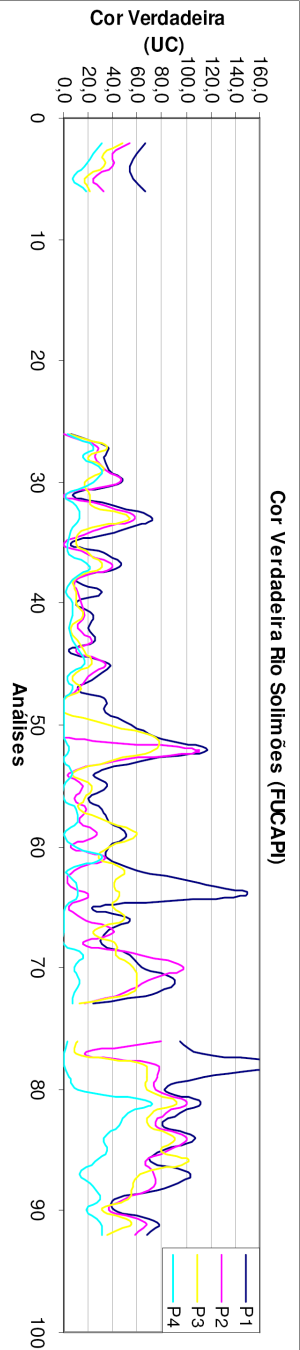


Figura 1 11: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

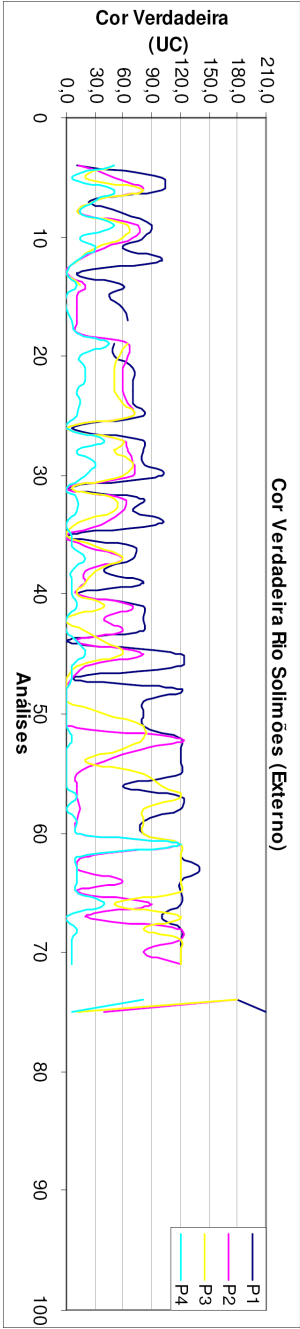


Figura 1 12: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório Externo

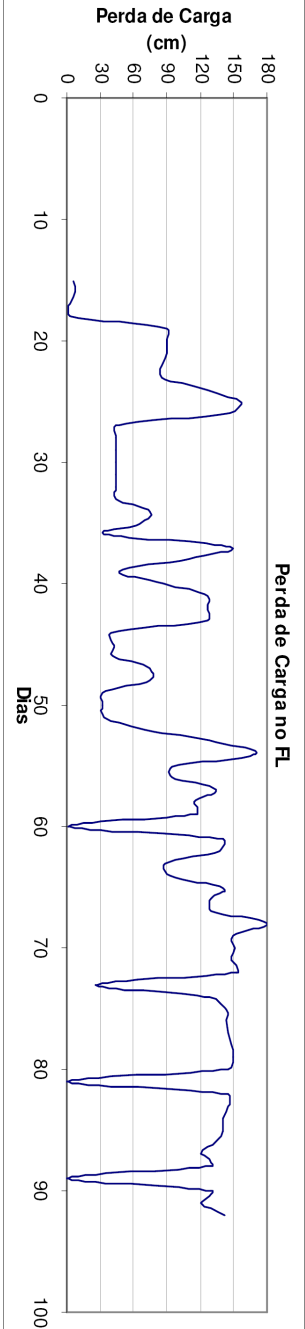


Figura 1 13: Acompanhamento dos resultados da perda de carga apresentada no FL da ETA Rio Solimões

Nas Tabelas 35 e 36 são apresentados os resultados das análises do parâmetro de coliformes termotolerantes, avaliados na Primeira Fase de operação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões.

Tabela 35: Resultados das análises de coliformes termotolerantes da ETA Rio Negro

Data	Análise de coliformes termotolerantes da ETA Rio Negro			
	(NMP/100mL)			
	P1	P2	P3	P4
18/05/09	2400	240	240	240
22/06/09	240	23	240	23
22/07/09	240	0	0	0
21/08/09	240	0	0	0
23/09/09	2.400	240	240	23
21/10/09	2400	23	23	0
18/11/09	64	23	23	0
04/12/09	240	0	23	0

Tabela 36: Resultados das análises de coliformes termotolerantes da ETA Rio Solimões

Data	Análise de coliformes termotolerantes da ETA Rio Solimões			
	(NMP/100mL)			
	P1	P2	P3	P4
13/05/09	240	23	240	0
26/06/09	0	23	-	0
03/08/09	23	23	23	23
02/09/09	23	23	240	0
02/10/09	2.400	23	0	0
02/12/09	2400	23	0	0
04/11/09	240	23	23	0
09/12/09	2400	23	23	0

Nas Tabelas 37 e 38 são apresentados os valores médios dos parâmetros monitorados ao longo da Primeira Fase de operação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões.

Tabela 37: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Primeira Fase de operação da ETA Rio Negro (de 13/05/09 a 28/02/10)

Parâmetro	Média dos parâmetros nos pontos				Eficiênc. FiME	Limite portaria 518 MS
	P1	P2	P3	P4		
pH	6,2	6,3	6,3	6,3	-	6,0 - 9,0
Turbidez (UT)	47,3	22,5	16,7	11,3	76,2 %	5,0
Cor Aparente (UC)	204,1	159,4	121,4	86,8	57,5 %	15,0
Cor Verdadeira (UC) (FUCAPI)	118,7	96,6	92,3	75,2	36,7 %	-
Cor Verdadeira (UC) (Externo)	123,2	102,2	95,2	79,6	35,4 %	-
Coliformes Termotolerantes HMP/100mL	1028	69	99	36	96,5 %	0

Tabela 38: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Primeira Fase de operação da ETA Rio Solimões (de 13/05/09 a 28/02/10)

Parâmetro	Média dos parâmetros nos pontos				Eficiênc. FiME	Limite portaria 518 MS
	P1	P2	P3	P4		
pH	7,0	6,9	7,0	7,0	-	6,0 - 9,0
Turbidez (UT)	173,1	47,6	45,0	12,7	92,6 %	5,0
Cor Aparente (UC)	436,9	221,1	196,7	44,9	89,7 %	15,0
Cor Verdadeira (UC) (FUCAPI)	54,3	35,5	35,9	12,5	76,9 %	-
Cor Verdadeira (UC) (Externo)	83,3	44,0	55,5	15,3	81,6 %	-
Coliformes Termotolerantes HMP/100mL	761	23	92	3	99,6 %	0

5.5.2 Segunda Fase de operação das ETAs

Depois da Primeira Fase de operação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões, os dados gerados nas análises de qualidade da água foram avaliados criticamente, concluindo-se que a tecnologia FiME não pode ser diretamente aplicada para o tratamento das águas superficiais pretas e brancas da Região Amazônica, sendo necessárias adaptações e

fases adicionais sobre esta tecnologia para que se atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004, emitida pelo Ministério da Saúde.

Considerando-se que o objetivo principal desta pesquisa é o desenvolvimento de parâmetros de projeto para o tratamento de águas da Região Amazônica de uma tecnologia alternativa, tendo com base a Filtração por Múltiplas Etapas, foram propostas as adaptações e etapas adicionais à FiME, visando a sua aplicação para atendimento às populações residentes nas margens de rios de águas brancas e pretas da Amazônia.

Para o tratamento das águas pretas com características semelhantes às do Rio Negro e aumento da eficiência na remoção de cor aparente, estudou-se a implantação de uma etapa adicional à FiME, inserida após o FL, constituída por um filtro de carvão ativado.

Para o tratamento das águas brancas com características semelhantes às do Rio Solimões e aumento da eficiência na remoção de turbidez, estudou-se a implantação da injeção de coagulante (sulfato de alumínio ferroso) na entrada do PFVAC, além da adição de uma camada de areia de 1,5 cm na parte superior deste equipamento.

Durante toda a Segunda Fase de operação das ETAs foi mantida na ETA Rio Negro e Rio Solimões a vazão de entrada do PFD em 30 L/h e de saída do PFD em 20 L/h, em função da redução da capacidade de bombeamento da bomba peristáltica, devido ao longo período de operação deste equipamento.

O acompanhamento da operação, nas duas ETAs, foi realizado quatro vezes por semana. Nas visitas às ETAs também eram realizadas as ações de manutenção necessárias à continuidade do funcionamento destas.

As configurações finais das ETAs são apresentadas nos Itens: 5.5.2.1 – Configuração Final da ETA Rio Negro e 5.5.2.3 Configuração Final da ETA Rio Solimões.

Após a redefinição da nova vazão estudada, foi realimentada a planilha do dimensionamento dos equipamentos da tecnologia FiME, utilizando a mesma planilha de cálculo utilizada anteriormente, sendo que os parâmetros de projeto destes equipamentos, em sua configuração final, são apresentados na Tabela 39.

Tabela 39: Segundo recálculo dos equipamentos das ETAs Piloto

Filtro dinâmico:				
Taxa de aplicação =	12 m ³ /m ² .d	Q =	0.48 m ³ /d	
Número de unidades =	1 unidades		20 L/h	
Carga hidráulica disp. =	0.05 mca			
Espessura do pré-filtro =	0.85 m			
Cálculo da área do pré-filtro				
Apf = Q / Taxa de aplicação =	0.04 m ²	Comp =	800.00 mm	⇒ 0.2 m ²
		Larg =	250.00 mm	Taxa aplicação real = 2.4 m³/m².d
		Relação comp/larg =	3.20	
Pré-filtro:				
Taxa de aplicação =	12 m ³ /m ² .d	Q =	0.48 m ³ /d	
Número de unidades =	1 unidades		20 L/h	
Carga hidráulica disp. =	0.5 mca			
Espessura do pré-filtro =	1.4 m			
Cálculo da área do pré-filtro				
Apf = Q / Taxa de aplicação =	0.04 m ²	D =	225.68 mm	⇒ 376 mm
				Taxa aplicação real = 0.11 m²
				4.3 m³/m².d
Filtração lenta:				
Taxa de aplicação =	3 m ³ /m ² .d	Q =	0.48 m ³ /d	
Número de unidades =	1 unidades		20 L/h	
Carga hidráulica disp. =	1.5 mca			
Espessura do filtro =	0.6 m			
OBS: a) Filtro com nível variável;				
b) Sistema de drenagem por fundo falso e camada de granulometria decrescente				
Cálculo da área para filtro				
Afl = Q / Taxa de aplicação =	0.16 m ²	D =	451.35 mm	⇒ 600 mm
				Areal = 0.28 m ²
				Taxa aplicação real = 1.7 m³/m².d
Filtro carvão:				
Taxa de aplicação =	12 m ³ /m ² .d	Q =	0.192 m ³ /d	
Número de unidades =	2 unidades		8 L/h	
Carga hidráulica disp. =	1.5 mca			
Espessura do filtro =	0.2 m			
Cálculo da área do filtro				
Apf = Q / Taxa de aplicação =	0.016 m ²	D =	142.73 mm	⇒ 200 mm
				Taxa aplicação real = 0.03 m²
				6.1 m³/m².d

5.5.2.1 Configuração Final da ETA Rio Negro

A configuração da ETA Rio Negro, estudada na Segunda Etapa, em relação aos equipamentos constituintes da tecnologia FIME (PFD, PFVAC e FL), manteve-se com todas as características construtivas apresentadas no Item 4 (Metodologia).

Na operação da Segunda Fase da ETA Rio Negro, para remover a cor, foram instalados dois filtros de carvão ativado granular em série, para polimento do efluente do FL.

Cada filtro de carvão ativado (FCA) foi construído a partir de um tubo de PVC para esgoto de 200 mm, contendo camadas de materiais diferentes, compostas por duas camadas inferiores de material granular para sustentação do carvão, uma camada de carvão ativado e duas camadas superiores de material granular, para se evitar que o carvão ativado fosse levado pelo fluxo ascendente da água sob tratamento.

A seguir, são apresentadas as principais características construtivas dos filtros de carvão ativado de fluxo ascendente utilizados na ETA Rio Negro:

- Tubulação de entrada: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Tubulação de saída: tubo de PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ";
- Dispositivo de distribuição do afluente no fundo do filtro: duas camadas de material de granulometria decrescente com espessura de 5 cm (inferior) e de 10 cm (intermediária inferior), sendo a água distribuída a 2 cm do fundo;
- Dispositivo de coleta do efluente: através da manutenção de uma lâmina de água de 12 cm acima do nível do material granular, com uma única saída superior;
- Fluxo: ascendente, testado de maneira a uma possibilitar uma possível instalação de uma válvula de descarga de fundo, no caso de ser identificado funcionamento do FCA como barreira física à passagem de partículas;
- Regime de operação: fluxo contínuo;
- Cobertura: tampa através de um CAP em PVC de 200 mm;
- Sistema de limpeza do filtro: com a desmontagem completa do FCA;
- Material construtivo da carcaça FCA: PVC;

- Carvão ativado utilizado: Carvão Ativado Granular (Bcarbon 350 12x25 mesh) (vegetal - 100% casca de coco).

Na Tabela 40 são apresentadas as principais características dos filtros de carvão ativado em série da ETA Rio Negro.

Tabela 40: Características propostas para o filtro de carvão ativado de fluxo ascendente

Parâmetro	Valor proposto
Método de operação	Contínuo
Taxa de aplicação ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)	6,1
Número de unidades em série	2
Área em planta (m^2)	0,03
Diâmetro (m)	0,2
Carga hidráulica disponível (m)	1,5
Altura da lâmina líquida sobre a superfície do meio granular (cm)	12
Espessura da camada e meio granular	
- camada 1 – inferior	5 cm; 2,4 a 4,8 mm
- camada 2 – intermediária inferior	10 cm; 0,1 a 0,5 mm
- camada 3 – carvão ativado	81 cm; 12 X 25 MESH
- camada 4 – intermediária superior	5 cm; 0,1 a 0,5 mm
- camada 5 – superior	5 cm; 2,4 a 4,8 mm
- lâmina d'água livre	12 cm
Características do carvão ativado	
- número de iodo	750 a 850 mg/g
- densidade aparente	0,5 g/cm ³
- número de dureza	mín. 85,00%
- número de abrasão	mín. 75,00%
- umidade no momento do embalo	máx. 10 %

Na Figura 114 se apresenta esquema de funcionamento da ETA Piloto Rio Negro, definido após finalização das adaptações realizadas para o início da Segunda Fase de operação desta ETA.

Na Figura 115 se apresentam os detalhes das alterações implantadas na tecnologia FiME, ou seja, a inclusão do FCA.

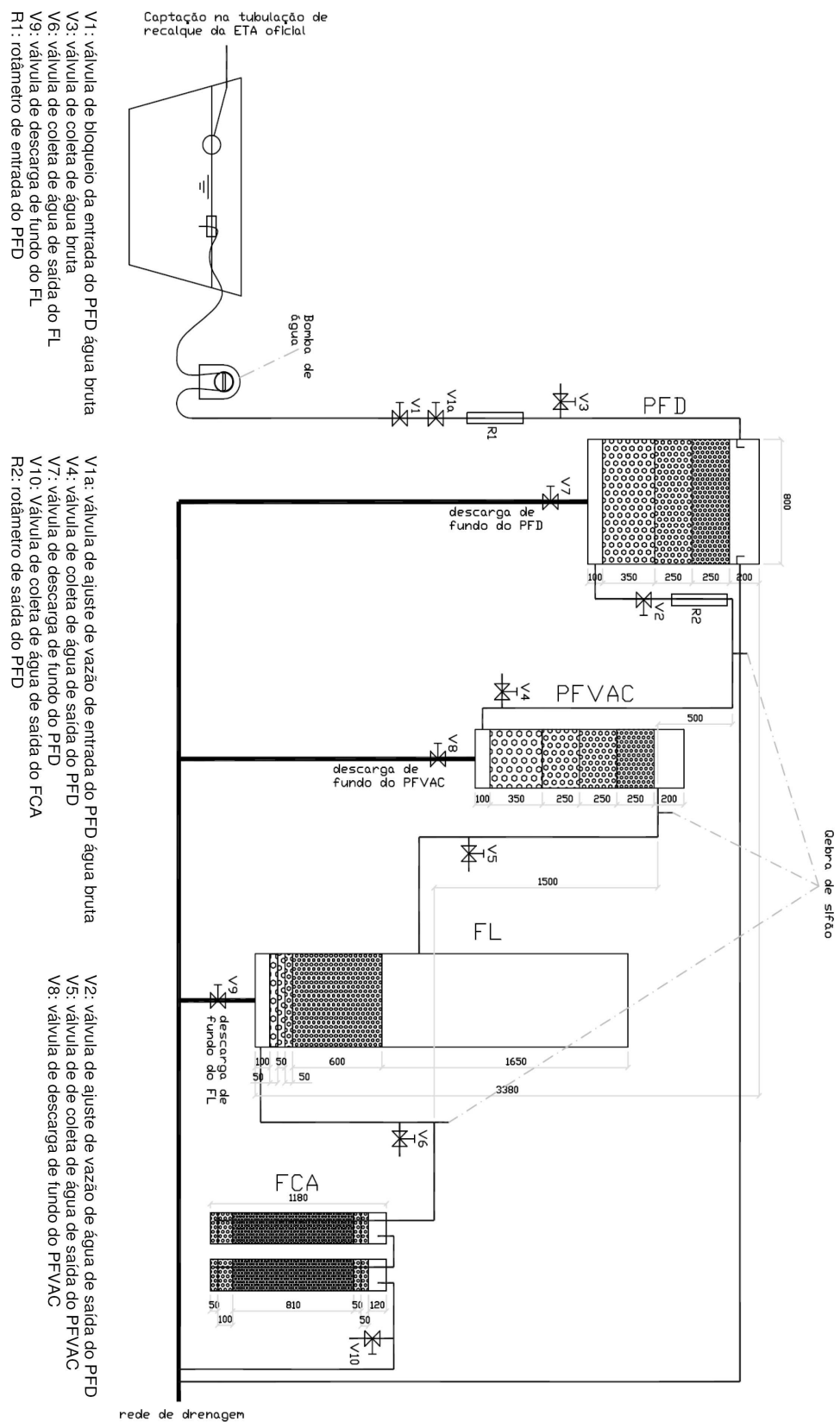


Figura 114: Concepção da ETA Rio Negro após as modificações realizadas para a Segunda Etapa de operação

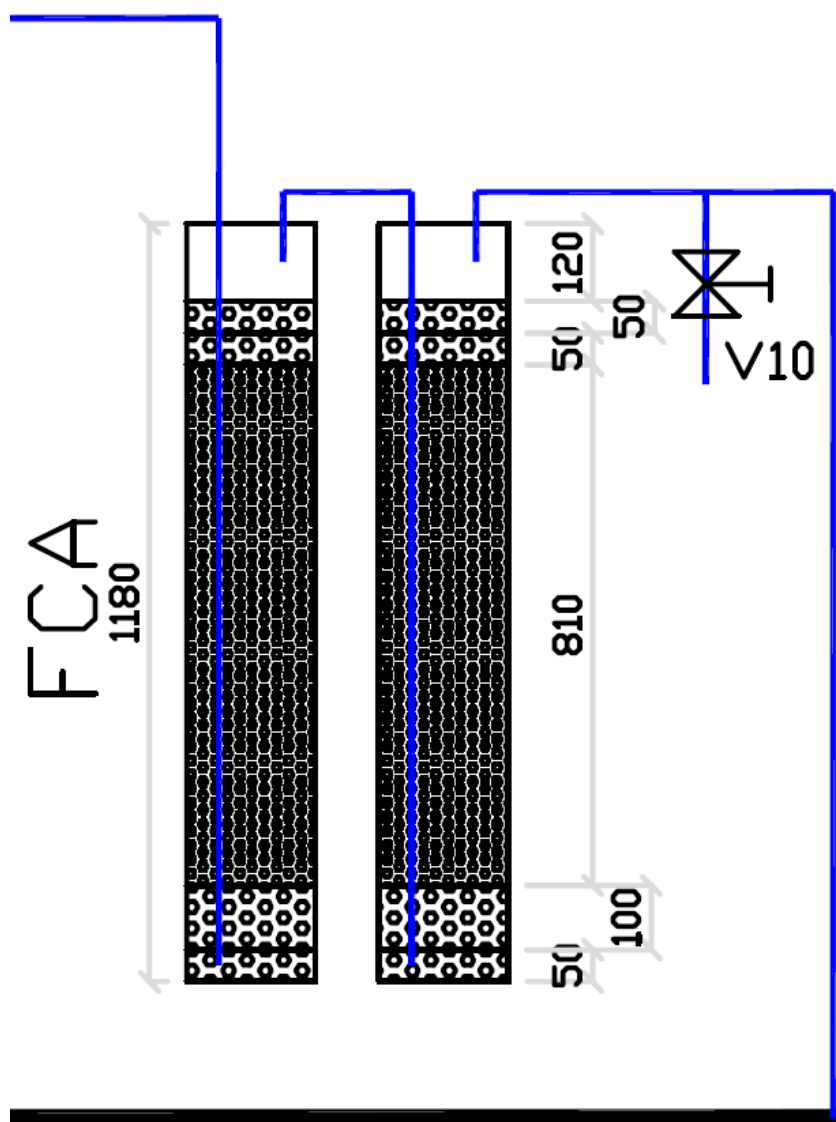


Figura 115: Detalhe do FCA da ETA Rio Negro

5.5.2.2 Ocorrências na operação da ETA Rio Negro – Segunda Fase

Na Tabela 41 são apresentados os principais acontecimentos da operação da Segunda Fase da ETA Rio Negro.

Tabela 41: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Negro

Data	Ocorrência	Observação
18/02/10	Início de operação da ETA com o filtro de carvão ativado como etapa complementar à tecnologia FiME (Figuras 116 e 117).	A partir do início de operação, foram realizados ajustes de vazão e coleta de amostras quatro vezes por semana. Foram realizadas análises de cor verdadeira, cor aparente, turbidez, pH e coliformes termotolerantes (coletas mensais).
19/02/10	Final da carreira de filtração do FL, em função da continuidade da operação da ETA a partir da Primeira Fase.	A ETA foi mantida em operação sem a recuperação da carreira de filtração do FL, com esta ação, a vazão do PFD passou a ser de, 80 L/h no FD, de 50 L/h do PFVAC, de 9 L/h no FL e de 8 L/h no FCA (com valor decrescente em função do decorrer do tempo de operação). Com a redução da vazão no FCA, o efluente da ETA passou a atender à Portaria 518 do MS.
11/03/10	Sondagem no FL	Foi concebido e executado um dispositivo de sondagem, para verificação da profundidade da camada biológica do FL e registro fotográfico. Após a sondagem, foi realizado o revolvimento da camada biológica e, após esta ação, a perda de carga do FL se reduziu de 144 cm para 29 cm, com isso, as vazões voltaram às condições de projeto, ou seja, de 80 L/h no PFD e de 50 L/h no PFVAC, no FL e no FCA. Com estas vazões, o efluente do FCA não atendeu à Portaria 518 do MS (Figuras de 118 a 127).

Tabela 41: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Negro

Data	Ocorrência	Observação
29/03/10	Novo final da carreira de filtração do FL.	A ETA foi mantida em operação sem a recuperação da carreira de filtração do FL, com esta ação, retornou-se aos valores de vazão do dia 19/02, sendo que a vazão do PFD voltou a ser de, 80 L/h no FD, de 50 L/h do PFVAC, de 9 L/h no FL e de 8 L/h no FCA (decrecendo ao longo do tempo de operação). Com as reduções de vazão, o efluente da ETA iniciou uma tendência de atendimento à Portaria 518 do MS.
01/04/10	Início das descargas de fundo periódicas nos equipamentos da FIME.	A partir desta data, as descargas de fundo nos equipamentos da tecnologia FIME passaram a ter periodicidade semanal.
01/04/10	Início das ações de lubrificação periódicas nas engrenagens da bomba peristáltica.	A partir desta data, as ações de lubrificação da bomba peristáltica passaram a ter periodicidade semanal.
01/04/10	Início das ações de limpeza periódicas dos rotâmetros.	A partir desta data, as ações de limpeza dos rotâmetros passaram a ter periodicidade semanal.
22/04/10	Baixa vazão da bomba peristáltica das ETAs	Foram trocadas, uma por outra, as bombas peristálticas das ETAs Rio Negro e Rio Solimões. Esta intervenção foi suficiente para que as vazões das bombas se estabilizassem.
09/06/10	Desligamento da ETA Rio Negro	Final dos trabalhos de campo da pesquisa

5.5.2.3 Relatório fotográfico da operação da ETA Rio Negro – Segunda Fase

Apresenta-se, a seguir, o relatório fotográfico da Segunda Fase de operação da ETA Rio Negro.



Figura 116: Aspecto da ETA Rio Negro durante a Segunda Fase de operação



Figura 117: Aspecto da ETA Rio Negro durante a Segunda Fase de operação



Figura 118. Vista superior da sondagem – ETA Rio Negro



Figura 119. Vista superior do furo da sondagem – ETA Rio Negro

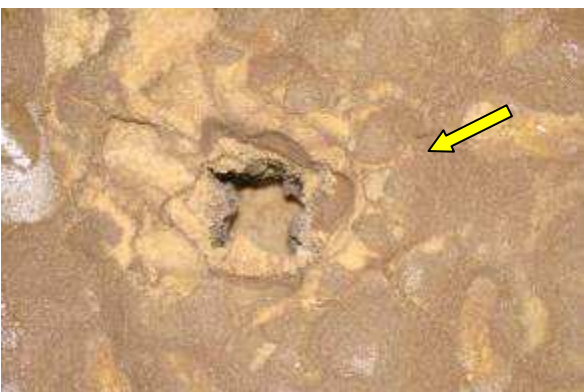


Figura 120. Aspecto do schmutzdecke superior – ETA Rio Negro



Figura 121. Vista da camada de areia intermediária (abaixo do schmutzdecke superior) – ETA Rio Negro



Figura 122. Vista do schmutzdecke inferior (abaixo da camada de areia)– ETA Rio Negro



Figura 123. Vista da camada de areia inferior (abaixo do schmutzdecke inferior)– ETA Rio Negro



Figura 124. Vista superior do fechamento do furo da sondagem – ETA Rio Negro



Figura 125. Dispositivo para perfuração e sondagem



Figura 126. Dispositivo para perfuração e sondagem – Detalhe 1



Figura 127. Dispositivo para perfuração e sondagem – Detalhe 2

5.5.2.4 Configuração final da ETA Rio Solimões

A configuração da ETA Rio Solimões, estudada na Segunda Etapa, em relação aos equipamentos constituintes da tecnologia FiME (PFD, PFVAC e FL), manteve-se com todas as características construtivas apresentadas no Item 4 (Metodologia).

Na operação da Segunda Fase da ETA Rio Solimões, como complementação da tecnologia FiME, buscando-se a remoção de turbidez, foi instalado um sistema de dosagem proporcional de coagulante no efluente do PFD e afluente do PFVAC. Também foi inserida uma camada de material granular de granulometria idêntica à areia do FL e com espessura de 1,5 cm, sobre a camada superior de pedregulho do PFD, visando remoção dos flocos a partir das descargas de fundo do PFVAC e conseqüente redução da sedimentação destes no topo do FL, ampliando o tempo da carreira de filtração do mesmo.

A seguir, são apresentadas as principais características do sistema de dosagem proporcional de coagulante do afluente do PFVAC utilizado na Segunda Fase de operação da ETA Rio Solimões:

- Reservatório de coagulante: reservatório de PVC de 50 L;
- Tipo de reposição da solução coagulante: de forma manual;
- Forma de agitação da solução coagulante: através de um motobomba submersível de 30 W, colocada no interior do reservatório de coagulante, com tubulações de sucção e recalque mantidas submersas pela solução de coagulante;
- Local de injeção de coagulante: através do dispositivo de quebra de sifão situado entre o PFD e o PFVAC;
- Tubulação de interligação entre o reservatório de coagulante, a bomba e o ponto de injeção de coagulante: mangueira transparente com diâmetro interno de 3,0 mm;
- Regime de operação do sistema de dosagem de coagulante: de fluxo contínuo;
- Tipo de sistema de dosagem: sistema de dosagem volumétrica proporcional;

- Sistema de dosagem proporcional, modelo DM VT-D, composto por bomba peristáltica dosadora e decodificador do sinal opto-eletrônico, com vazão regulável de 0 a 1,5 L/h conforme sinal recebido de hidrômetro;
- Hidrômetro equipado com gerador de pulso óptico-eletrônico com diâmetro de 3/4" para até 3 m³/h, com cabo de sinal de 3 metros;
- Tipo de coagulante utilizado: solução de sulfato de alumínio ferroso, com concentração de 2 mg/mL.
- No ensaio de tratabilidade, foi identificada a dosagem de 20 mg/L de SAF como a menor dosagem capaz de promover a floculação das impurezas presentes na água bruta, todavia, em função de se não conseguir manter as condições laboratoriais na operação da ETA Rio Solimões, foi aplicada a dosagem de 30 mg/L de SAF durante a Segunda Fase de operação desta ETA.

Na Figura 128 se apresenta esquema de funcionamento da ETA Piloto Rio Solimões, definido após finalização das adaptações realizadas para o início da Segunda Fase de operação desta ETA.

Na Figura 129 se apresentam as alterações implantadas na tecnologia FiME, ou seja, a inclusão do sistema de coagulação e camada de areia superior do PFVAC.

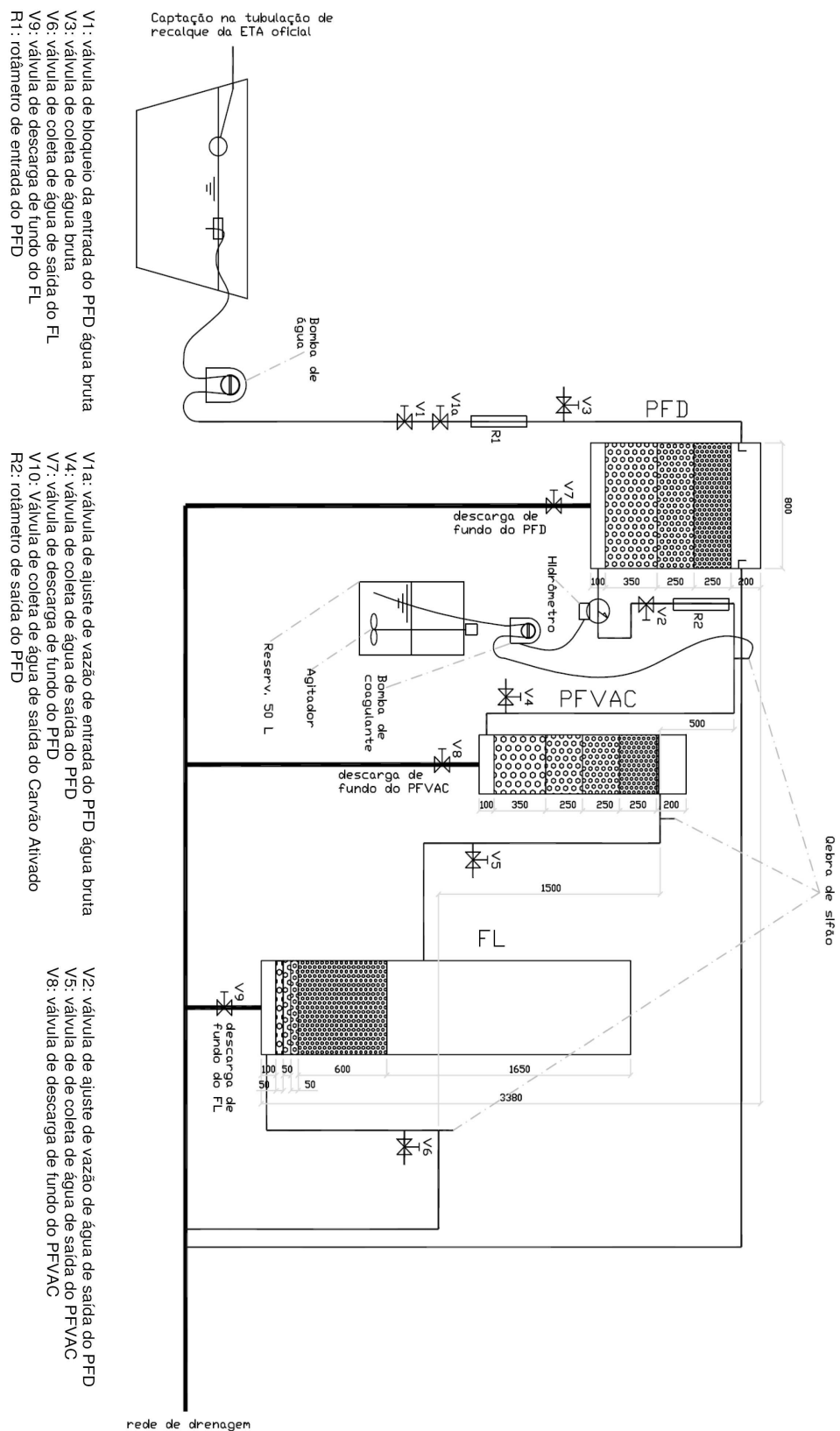


Figura 128: Concepção da ETA Rio Solimões após as modificações realizadas para a Segunda Etapa de operação

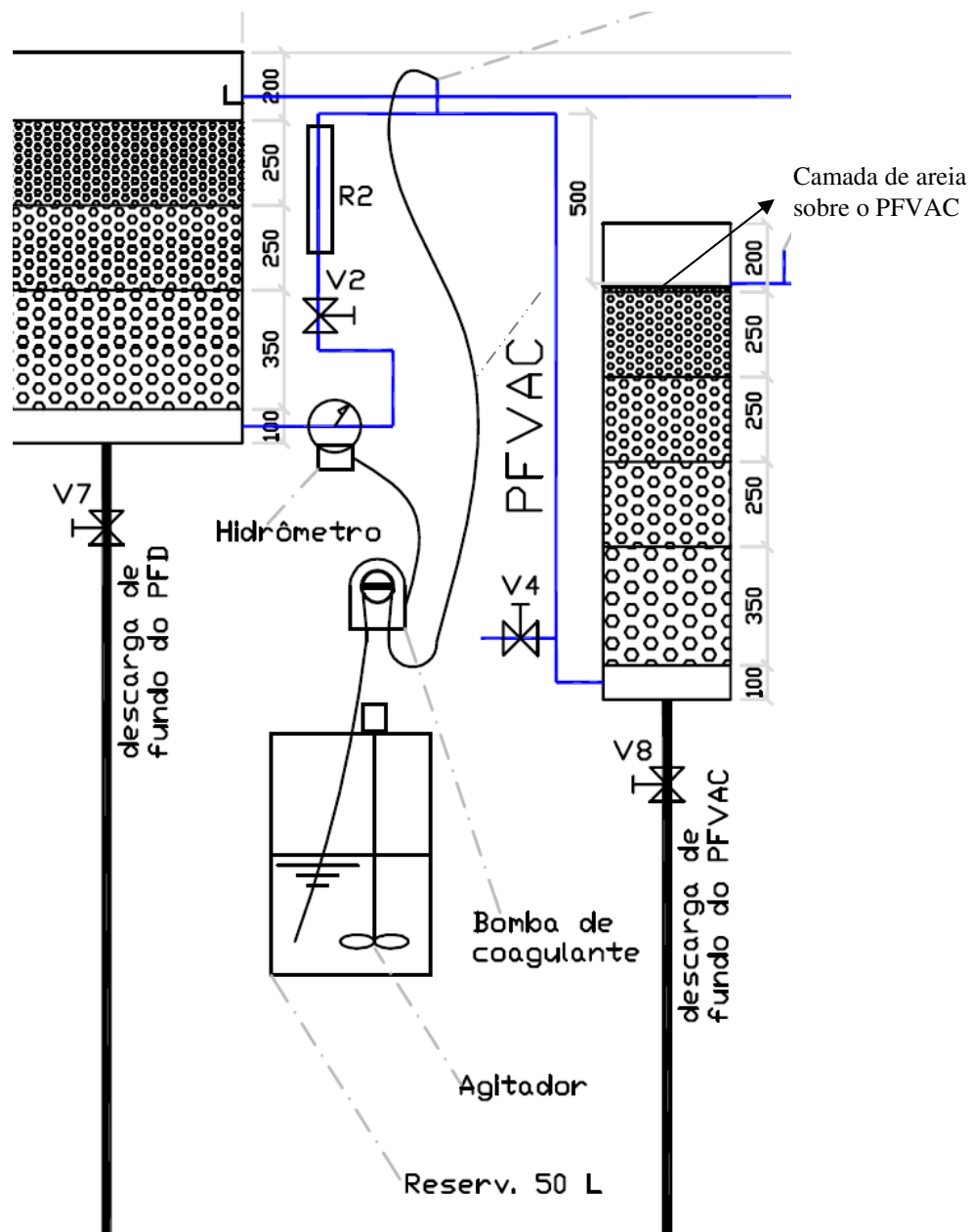


Figura 129: Detalhe do sistema de coagulante e da camada superior do PFVAC da ETA Rio Solimões

5.5.2.5 Principais ocorrências na operação da ETA Rio Solimões – Segunda Fase

Na Tabela 42 são apresentadas as principais ocorrências da operação da Segunda Fase da ETA Rio Negro.

Tabela 42: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões

Data	Ocorrência	Observação
17/03/10	Ensaio de tratabilidade da água bruta, através da injeção de solução coagulante de Sulfato de Alumínio Ferroso (SAF).	Foi identificada a dosagem de 20 mg/L de SAF como a menor dosagem capaz de promover a floculação das impurezas presentes na água bruta. Os ensaios de foram realizados de forma manual, sendo que o ensaio que apresentou melhor resultado foi o de dosagem de SAF de 20 mg/L, com agitação (floculação) por 15 min seguido de decantação por 15 min. Figuras de 130 a 135.
18/03/10	Início de operação da ETA com um sistema de dosagem proporcional, com injeção de coagulante como atividade complementar à tecnologia FiME e camada de areia superior no PFVAC.	A partir do início de operação, foram realizados alterações no sistema de dosagem, sendo iniciado com ajuste de dosagem de coagulante através de uma válvula de dosagem de soro (instrumento médico) e de uma válvula de ar para aquário, sendo que estes dois dosadores de coagulante não foram eficientes (decantação de SAF na entradas das válvulas), a partir de então, foi adquirido o sistema de dosagem proporcional de coagulante. Iniciaram-se as análises de cor verdadeira, cor aparente, turbidez, pH e coliformes termotolerantes (coletas mensais). Figuras 136 e 137.
18/03/10	Final da carreira de filtração do FL.	Para início da Segunda Fase de operação da ETA Rio Solimões, tendo em vista que o FL apresentava final da carreira de filtração, foi realizado o revolvimento da areia da camada superior da areia do FL, até uma profundidade de 10 cm.

Tabela 42: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões

Data	Ocorrência	Observação
29/03/10	Sondagem no FL.	Foi concebido e executado um dispositivo de sondagem, para verificação da profundidade da camada biológica do FL. Após a sondagem, foi realizado o revolvimento da camada biológica e, após esta ação, a perda de carga do FL se reduziu de 144 cm para 29 cm, com isso, as vazões voltaram às condições iniciais, ou seja, de 30 L/h no PFD e de 20 L/h no PFVAC e FL. Figuras de 138 a 147.
29/03/10	Início das descargas de fundo periódicas nos equipamentos da FiME.	A partir desta data, as descargas de fundo nos equipamentos da tecnologia FiME passaram a ter periodicidade semanal.
29/03/10	Início das ações de lubrificação periódicas nas engrenagens da bomba peristáltica.	A partir desta data, as ações de lubrificação da bomba peristáltica passaram a ter periodicidade semanal.
29/03/10	Início das ações de limpeza periódicas dos rotâmetros.	A partir desta data, as ações de limpeza dos rotâmetros passaram a ter periodicidade semanal.
12/04/10	Inclusão da camada de 1,5 cm de areia sobre a camada superior do PFVAC como atividade complementar à tecnologia FiME.	O motivo desta inclusão foi a possibilidade de remoção dos flocos formados a partir das descargas de fundo do PFVAC e conseqüente redução da sedimentação destes no FL.
20/04/10	Identificada a dosagem mínima de coagulante para se garantir o atendimento aos padrões de qualidade da água tratada.	Embora o ensaio de tratabilidade tenha apontado para a dosagem de 20 mg/L de SAF, em condições normais de operação, esta dosagem não se apresentou como suficiente. Testou-se dosagens crescentes de coagulante, até se identificar a dosagem de 30 mg/L de SAF como a dosagem ideal, tendo em vista as condições de operacionalidade, para se garantir o atendimento à Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

Tabela 42: Principais ocorrências da operação da ETA Rio Solimões

Data	Ocorrência	Observação
22/04/10	Baixa vazão da bomba peristáltica das ETAs	Foram trocadas, uma por outra, as bombas peristálticas das ETAs Rio Negro e Rio Solimões, sendo isto suficiente para que as vazões das bombas se estabilizassem.
09/05/10	Instalação da bomba dosadora proporcional para injeção de coagulante, juntamente com a substituição do reservatório de solução coagulante.	A instalação do sistema dosador proporcional foi necessária para que se mantivesse a proporção entre a dosagem da solução coagulante e a vazão de água sob tratamento, tendo em vista que esta proporcionalidade não foi conseguida através dos dosadores testados inicialmente (válvulas de soro médico e de ajuste de aeração para aquário). O reservatório com capacidade de 3 L foi substituído por outro com capacidade de 50 L, para se ajustar à nova configuração do sistema. Fotos 148 e 149.
09/06/10	Desligamento da ETA Rio Solimões	Final dos trabalhos de campo da pesquisa

5.5.2.6 Relatório fotográfico da operação da ETA Rio Solimões – Segunda Fase

Apresenta-se, a seguir, o relatório fotográfico da Segunda Fase de operação da ETA Rio Solimões.



Figura 130: Final da floculação no ensaio de tratabilidade – ETA Rio Solimões



Figura 131: Decantação no ensaio de tratabilidade, 5 minutos – ETA Rio Solimões



Figura 132: Decantação no ensaio de tratabilidade, 10 minutos – ETA Rio Solimões



Figura 133: Decantação no ensaio de tratabilidade, 15 minutos – ETA Rio Solimões



Figura 134: Decantação no ensaio de tratabilidade, 15 minutos – ETA Rio Solimões



Figura 135: Água bruta utilizada no ensaio de tratabilidade – ETA Rio Solimões



Figura 136: Montagem inicial do sistema de dosagem – ETA Rio Solimões



Figura 137: Segunda montagem do sistema de dosagem – ETA Rio Solimões



Figura 138. Vista superior da sondagem com dispositivo de perfuração – ETA Rio Solimões



Figura 139. Vista superior do furo da sondagem – ETA Rio Solimões



Figura 140. Aspecto do schmutzdecke superior – ETA Rio Solimões



Figura 141. Vista da camada de areia intermediária (abaixo do schmutzdecke superior) – ETA Rio Solimões



Figura 142. Vista do schmutzdecke inferior (abaixo da camada de areia)– ETA Rio Solimões



Figura 143. Vista da camada de areia inferior (abaixo do schmutzdecke inferior)– ETA Rio Solimões



Figura 144. Vista superior dos furos de sondagem – ETA Rio Solimões



Figura 145. Revolvimento do schmutzdecke após a sondagem – ETA Rio Solimões



Figura 146. Dispositivo para perfuração e sondagem, detalhe 1 – ETA Rio Solimões



Figura 147. Dispositivo para perfuração e sondagem detalhe 2– ETA Rio Solimões



Figura 148. Sistema de dosagem de coagulante final – ETA Rio Solimões



Figura 149. Configuração final do sistema de dosagem– ETA Rio Solimões

5.5.2.7 Resultados das análises de água – Segunda Fase

As Figuras de 150 a 154 apresentam os resultados das análises dos parâmetros avaliados na ETA Rio Negro – Segunda Fase.

As Figuras de 155 a 159 apresentam os resultados das análises dos parâmetros avaliados na ETA Rio Solimões – Segunda Fase.

No Anexo 5 são apresentadas as tabelas de acompanhamento da Segunda Fase da operação da ETA Rio Negro, preenchidas durante a etapa de operação desta ETA

No Anexo 6 são apresentadas as tabelas de acompanhamento da Segunda Fase da operação da ETA Rio Solimões preenchidas durante a etapa de operação desta ETA

Em relação aos resultados das análises dos parâmetros coletados, ressalta-se:

- As amostras de água foram coletadas entre os dias 13/04/10 e 09/06/10 para a ETA Rio Negro de entre os dias 30/04/09 e 09/06/10 para a ETA Rio Solimões, em ambas nos seguintes pontos:
 - P1: Entrada de água bruta
 - P2: Saída do PFD
 - P3: Saída do PFVAC

- P4: Saída do FL
 - P5: Saída do FCA (somente na ETA Rio Negro)
- Os pontos de coleta foram os mesmos, tanto para a ETA Rio Negro, como para a ETA Rio Solimões (excetuando-se o ponto P5, exclusivo para a ETA Rio Negro);
- As coletas de água foram realizadas de duas a três vezes na semana;
- Durante o período de coleta de amostras, foram mantidos os valores de vazão de 30 L/h na entrada do PFD e de 20 L/h na entrada do PFVAC e no FL, em cada ETA;
- Todas as demais observações e ocorrências são apresentadas nas Tabelas 42 e 43.

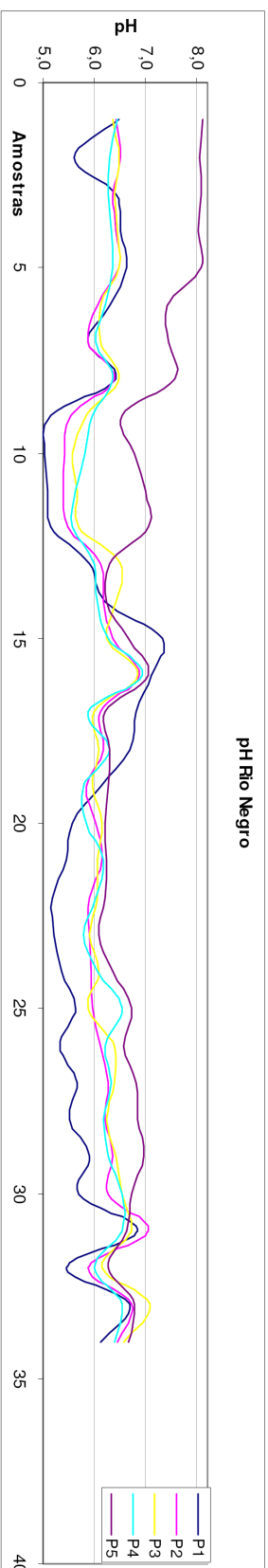


Figura 150: Resultados das análises de pH na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

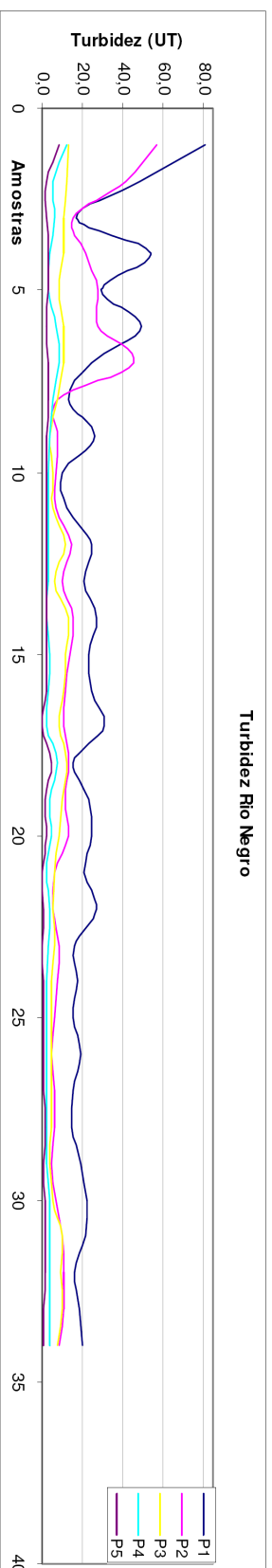


Figura 151: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

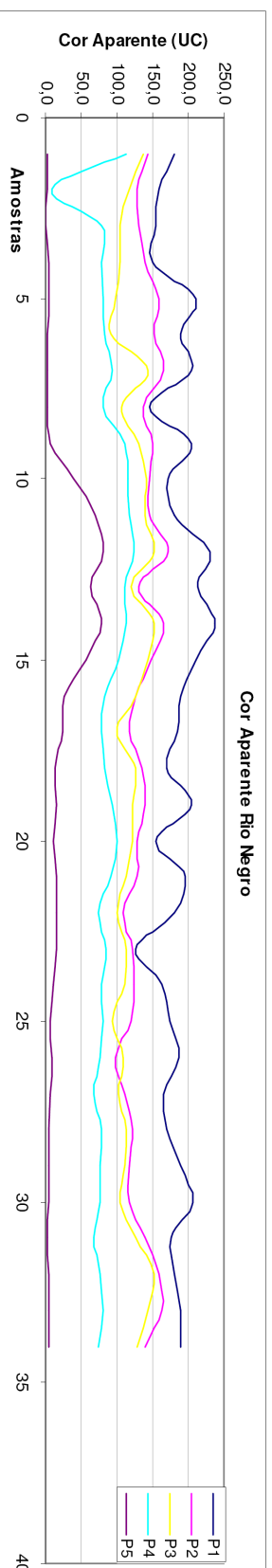


Figura 152: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

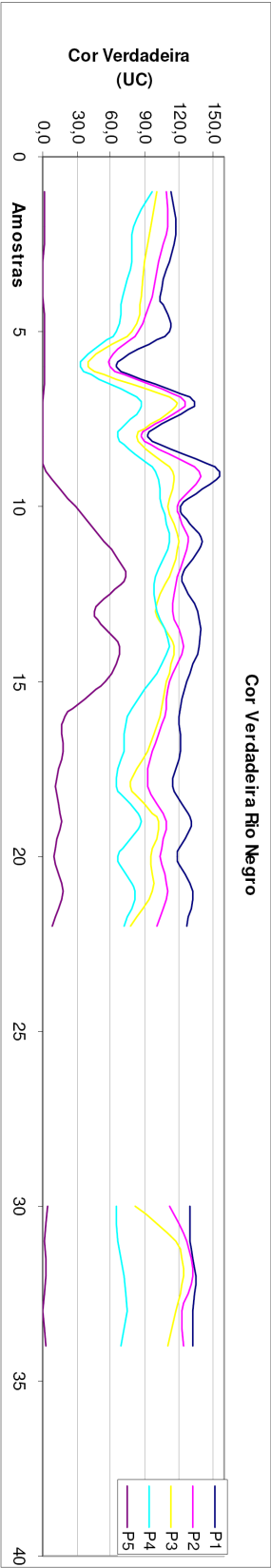


Figura 153: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Negro, realizadas no Laboratório da FUCAPI

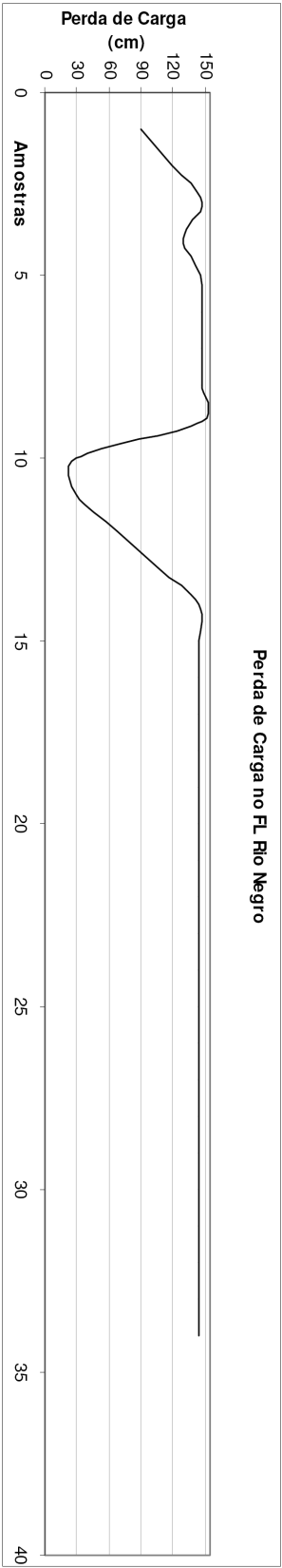


Figura 154: Resultados do acompanhamento da perda de carga apresentada no FL da ETA Rio Negro

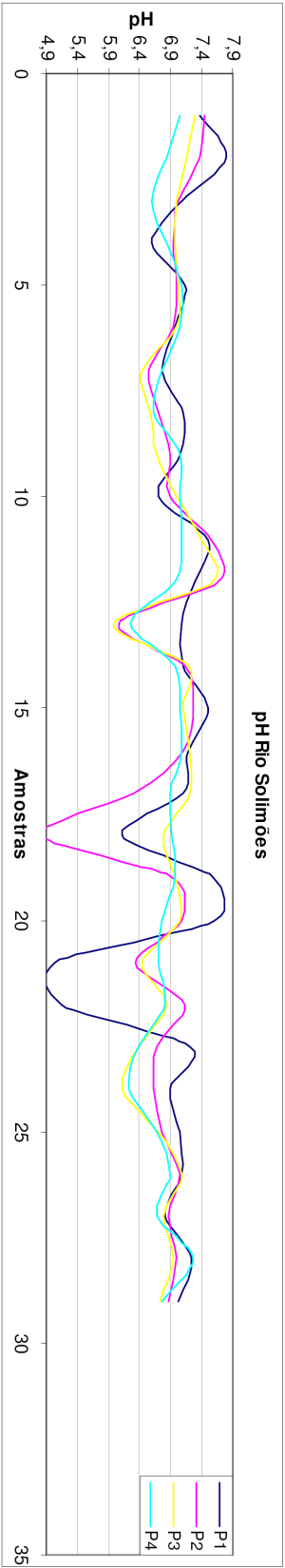


Figura 155: Resultados das análises de pH na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

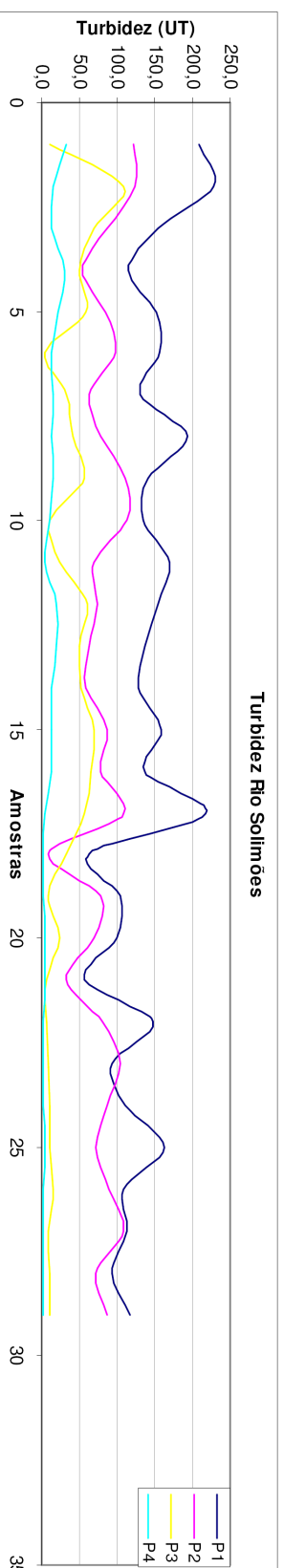


Figura 156: Resultados das análises de Turbidez na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

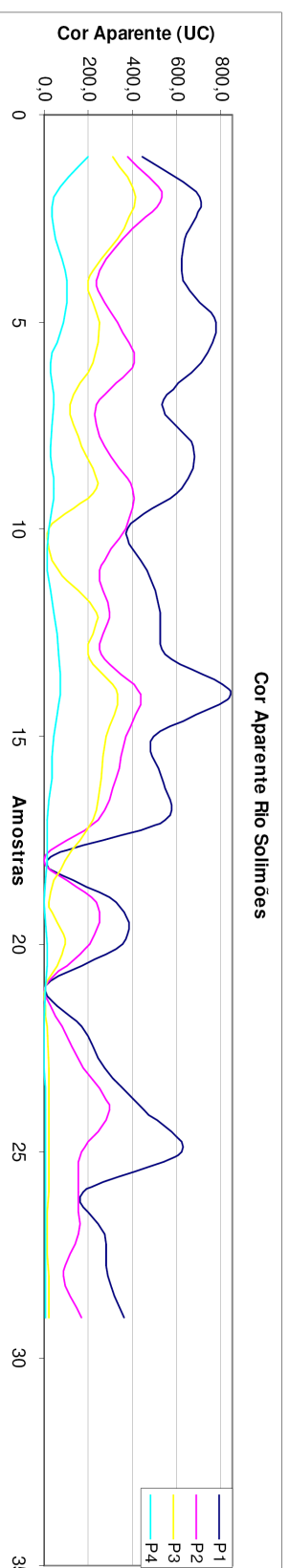


Figura 157: Resultados das análises de Cor Aparente na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

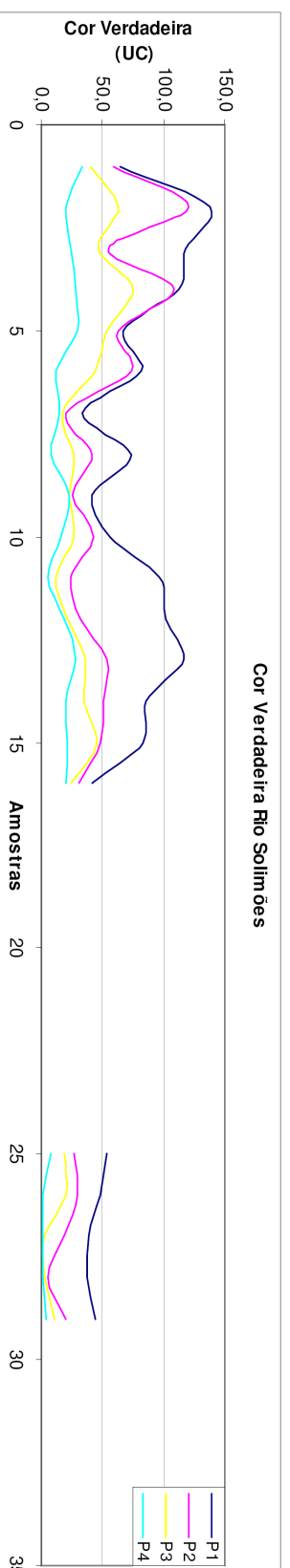


Figura 158: Resultados das análises de Cor Verdadeira na ETA Rio Solimões, realizadas no Laboratório da FUCAPI

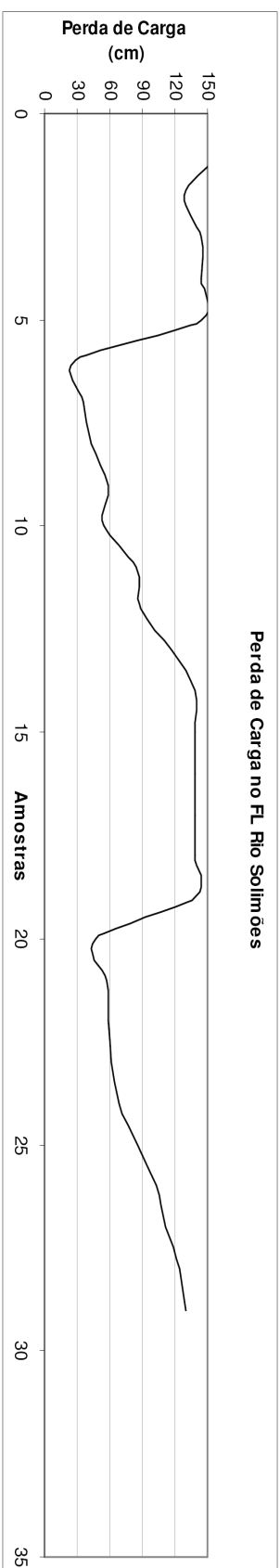


Figura 159: Resultados do acompanhamento da perda de carga apresentada no FL da ETA Rio Solimões

Na Tabela 43 são apresentados os resultados das análises do parâmetro de coliformes termotolerantes avaliados na Segunda Fase de operação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões. Nesta mesma tabela, verifica-se que, os sistemas de tratamentos estudados eliminaram 100% dos coliformes termotolerantes. Mesmo com este resultado, propõe-se a inclusão da etapa de cloração da água tratada, para se assegurar um residual de cloro na água tratada.

Tabela 43: Resultados das análises de coliformes termotolerantes das ETAs Rio Negro e Rio Solimões

Data	Análise de coliformes termotolerantes do Rio Negro (HMP / 100 mL)		Análise de coliformes termotolerantes do Rio Solimões (HMP / 100 mL)	
	Água bruta	Água tratada	Água bruta	Água tratada
31/05/10	>240.000	0	>240.000	0
02/06/10	>240.000	0	>240.000	0
05/06/10	>240.000	0	>240.000	0
07/06/10	>240.000	0	>240.000	0
09/06/10	2.400	0	>240.000	0

Nas Tabelas 44 e 45 são apresentados os valores médios dos parâmetros monitorados ao longo da Segunda Fase de operação das ETAs Rio Negro e Rio Solimões.

Tabela 44: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Segunda Fase de operação da ETA Rio Negro (de 13/04 a 09/06/10)

Parâmetro	Média dos parâmetros nos pontos						Eficiênc . FiME + FCA	Limite portaria 518 MS
	P1	P2	P3	P4	P5			
pH	5,8	6,2	6,3	6,2	6,5	-		6,0 - 9,0
Turbidez (UT)	19,3	8,2	6,9	3,4	1,2	93,8%		5,0
Cor Aparente (UC)	177,5	127,6	117,0	79,9	8,4	95,3%		15,0
Cor Verdadeira (UC)	128,4	113,4	99,7	71,8	7,4	94,2%		-
Coliformes Termotolerantes HMP/100mL	192.000	-	-	-	0	100%		0

Tabela 45: Média dos resultados dos parâmetros monitorados durante a Segunda Fase de operação da ETA Rio Solimões (de 30/04 a 09/06/10)

Parâmetro	Média dos parâmetros nos pontos				Eficiênc. FiME + coag. química	Limite portaria 518 MS
	P1	P2	P3	P4		
pH	6,8	6,7	6,8	6,8	-	6,0 - 9,0
Turbidez (UT)	114,5	77,1	16,1	3,2	97,2%	5,0
Cor Aparente (UC)	297,4	153,0	47,0	8,0	97,3%	15,0
Cor Verdadeira (UC)	41,3	24,3	7,6	2,9	93,0%	-
Coliformes Termotolerantes HMP/100mL	>240.000	-	-	0	100%	0

Como se pode confirmar nos ANEXOS 5 e 6, considerando os parâmetros estudados, identifica-se que em todas as análises de qualidade das águas tratadas pelas ETAs Rio Negro e Rio Solimões, todos os parâmetros atenderam aos limites estabelecidos pelos padrões de potabilidade constantes na Portaria 518 do Ministério da Saúde, considerando o Art. 5 desta Portaria, que estabelece o limite de turbidez em 5 UT para o padrão de aceitação de consumo, todavia, atenta-se para a necessidade da inclusão de um sistema de desinfecção da água tratada.

5.5.2.8 Aumento da eficiência das ETAS entre a Primeira e Segunda Fase

Comparando-se as eficiências obtidas na média dos valores de entrada e saída dos parâmetros analisados nas operações das ETAs Rio Negro e Rio Solimões na Primeira e Segunda Fase, observa-se que houve um significativo acréscimo de eficiência nas ETAs entre estas duas fases de operação, proporcionado tanto pelas adaptações nas etapas da FiME, como também pela inclusão das etapas adicionais, conforme se pode observar na Tabela 46.

Tabela 46: Acréscimo de eficiência nas ETAs Rio Negro e Rio Solimões obtidas entre a Primeira e Segunda Fase de operação destas

Parâmetro	ETA Rio Negro			ETA Rio Solimões		
	Eficiência obtida na Primeira Fase de Operação	Eficiência obtida na Segunda Fase de Operação	Acréscimo de eficiência entre as duas fases	Eficiência obtida na Primeira Fase de Operação	Eficiência obtida na Segunda Fase de Operação	Acréscimo de eficiência entre as duas fases
pH	-	-	-	-	-	-
Turbidez (UT)	76,2 %	93,8%	23,1%	92,6 %	97,2%	5,0%
Cor Aparente (UC)	57,5 %	95,3%	65,7%	89,7 %	97,3%	8,5%
Cor Verdadeira (UC) (FUCAPI)	36,7 %	94,2%	156,7%	76,9 %	93,0%	20,9%
Coliformes Termotolerantes HMP/100mL	96,5 %	100%	3,63%	99,6 %	100%	0,4%

Ressalta-se que, embora haja grandes diferenças entre o ganho de eficiência advindo das alterações/inclusões em relação ao sistema FiME, que varia entre 0,4% a 156,7%, estes ganhos foram, em todos os casos, de necessários e suficientes para garantir que todos os parâmetros analisados atendessem aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004, emitida pelo Ministério da Saúde (Conforme apresentado nas Tabelas de 43 a 45).

6- CONCLUSÕES

Grandes foram os desafios, ensinamentos e acréscimo de conhecimentos tácitos e explícitos obtidos durante a realização desta pesquisa. Dentre eles, sendo tido como o ensinamento principal, fica a certeza de que “somente a ação conjunta de força, serenidade, sabedoria e persistência são capazes de motivar o indivíduo ao ponto de fazê-lo alcançar os mais distantes objetivos de vida”.

Dentre os conhecimentos, experiência científica, e considerando o objetivo principal do projeto de pesquisa, conclui-se:

- A Tecnologia FiME, utilizada com base para o desenvolvimento de tecnologias para as águas brancas e pretas da Região Amazônica, foi incapaz de fornecer uma água tratada com qualidade suficiente para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004 do MS, dessa forma, esta pesquisa testou e validou adaptações e inclusões à FiME, gerando novas tecnologias, para atendimento às características regionais dos dois tipos de água estudados, disponibilizando os parâmetros de projeto para cada uma delas;
- Como proposta de adaptação e inclusão de etapa adicional à Tecnologia FiME para o tratamento das águas brancas da Região Amazônica, este estudo evidencia a eficiência da inclusão apenas de uma camada de areia de mesmas características da utilizada pelo FL, com espessura de 1,5 cm posicionada na parte superior do PFVAC, além da injeção de uma solução coagulante de Sulfato de Alumínio Ferroso com concentração de 30 mg/L na entrada do PFVAC como suficiente para que a água tratada atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518 do MS, segundos os parâmetros de qualidade de água estudados. Este estudo

recomenda, para o tratamento das águas brancas da Região Amazônica os seguintes parâmetros de projeto para a tecnologia disponibilizada:

- PFD: taxa de aplicação de $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$;
 - PFVAC: taxa de aplicação de $4,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$;
 - FL: taxa de aplicação de $1,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ e inclusão de uma camada de areia de 1,5 cm no topo da camada filtrante;
 - Adição de solução coagulante com Sulfato Alumínio Ferroso (SAF), de maneira a fornecer uma dosagem proporcional de SAF de 30 mg/L de água sob tratamento. Injeção esta posicionada na tubulação de interligação entre o PFD e o PFVAC;
- Como proposta de adaptação e inclusão de etapa adicional à tecnologia FiME para o tratamento das águas pretas da Região Amazônica, este estudo evidencia a eficiência da inclusão de uma etapa adicional, composta de um filtro de carvão ativado, posicionado após o filtro lento, como suficiente para que a água tratada atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518 do MS, segundos os parâmetros de qualidade de água estudados. Este estudo recomenda, para o tratamento das águas pretas da Região Amazônica os seguintes parâmetros de projeto para a tecnologia disponibilizada:
 - PFD: taxa de aplicação de $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$;
 - PFVAC: taxa de aplicação de $4,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$;
 - FL: taxa de aplicação de $1,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$;
 - FCA: taxa de aplicação de $6,1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$;
 - A realização de projetos de pesquisa aplicada na Amazônia representa um grande desafio para o desenvolvimento científico, em função, principalmente, da desconexão terrestre de grande parte desta Região com o resto do Brasil, que torna complexa toda a logística de suprimento à pesquisa científica. Em contrapartida, o desenvolvimento de pesquisa sob estas condições proporciona no ser humano, dada sua complexidade, a sensação de ter cumprido com o dever de contribuir com a melhoria da qualidade de vida dos moradores da região, através do desenvolvimento de tecnologia diretamente aplicável. Também proporciona o privilégio de contribuir sobremaneira com o desenvolvimento de um povo que muitas

vezes e historicamente é esquecido pela grande maioria dos brasileiros, sendo muitas vezes considerado por estes, como um “intruso em seu próprio território”.

Recomenda-se que, durante a concepção dos projetos, respeitando a necessidade do conhecimento das características da água bruta onde os projetos serão instalados, que os parâmetros de projeto apresentados por este trabalho científico possam ser utilizados para o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas superficiais com características das águas brancas e pretas da Região Amazônica, seguidas dos devidos processos de correção de pH (quando necessários) e também de cloração e fluoretação, de maneira a se atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde;

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. R.. Excursão Temática: Ecossistemas aquáticos amazônicos: usos e impactos. Apostila do Curso de Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Águas. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2005.

ARANTES, C.; *et al.*. *Remoção de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Microcystis aeruginosa* por filtração lenta precedida de pré-filtração em pedregulho: resultados preliminares*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Belo Horizonte, ABES, 2007.

BERNIER, P. D.. *Start-up os slow sand filtration plant in gorham* – NH Slow Sand Filtration Workshop – AWWA, Durham, N. H., USA, Oct. 1991.

BRANDÃO, C. C. S. ; *et al.*. *Pré-filtração em pedregulho aplicada ao tratamento de água com elevados teores de algas – influência na granulometria e da taxa de filtração*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20. Rio de Janeiro, ABES, 1999.

CARVALHO SÁ, J.; *et al.*. *Avaliação da influência da espessura da camada de areia do filtro lento em águas contendo *Microcystis aeruginosa**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, ABES, 2005.

COLLINS, R. M.; EIGHMY, T. T.; MALLEY, J. P.. *Evaluating modifications to slow sand filters*. JAWWA, V. 83, n. 9, p. 72-70, 1991.

COSTA, H. S.; *et al.*. *Concepção de estação de tratamento de água para o Bairro do Morro Grande na zona rural do município de Wenceslau Braz – Minas Gerais*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24. Belo Horizonte, ABES, 2007.

CUNHA, H. B. da; PASCOALOTO, D.. Hidroquímica dos Rios da Amazônia. Manaus, Centro Cultural dos Povos da Amazônia. 2006.

DI BERNARDO, L., BRANDÃO, C.C.S., HELLER, L.. *Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas*. PROSAB, Rio de Janeiro, ABES, 1999, 114p.

DI BERNARDO, L. (Coordenador). *Tratamento de água para abastecimento por filtração direta*. PROSAB, Rio de Janeiro, Brasil, 2003, 114p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. Di B.. *Métodos e técnicas de abastecimento de água*. Volume 2. São Carlos: RiMa, 2005, 1565p.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P.. *Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água*. Volume 1. São Carlos: LDIBE, 2008, 1538p.

HANAN, S. A., BATALHA, B. H. L. *Amazônia: Contradições no paraíso ecológico*. São Paulo: Cultura Editores Associados Ltda, 1999, 265p.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. *Edital de Convocação nº. 01/2007 – Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento*. Brasília, 2007.

HIBAM. *16a Campanha de medição de vazão e amostragem de água do Rio Amazonas: Parte A, de Manacapuru a Óbidos*. Programa Hidrologia da Bacia Amazônica. Convênio IRD/CNPq/ANEEL/UnB. 1999.

HIBAM. *Relatório da Campanha Solimões-Amazonas Nov-Dez/2001*. Programa Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. Convênio CNPq/IRD, Acordo de Cooperação Técnica Brasil/França. 2001.

IBGE (2007) - População recenseada e estimada, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2007

MAGALHÃES, A. F. R. de; JERONIMO, C. M.. *Oscilação do nível das águas do Rio Negro ao longo de seu curso em território brasileiro: seus autos e baixos*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25. Recife, ABES, 2009a.

MAGALHÃES, A. F. R. de; JERONIMO, C. M.. *Oscilação do nível das águas do Rio Solimões ao longo de seu curso em território brasileiro: seus autos e baixos*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25. Recife, ABES, 2009b.

MILKO, Peter (diretor geral). *Guias Philips Amazônia Brasil*. Editora Maíra Rocha, São Paulo, Brasil, 2001.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Informações Detalhadas sobre o Rio Negro. Disponível em < <http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/detrionegro.htm>>. Acesso em 04 de novembro de 2008a.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Informações Detalhadas sobre o Rio Solimões. Disponível em < <http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/detrionsolimoes.htm>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2008b.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Informações Detalhadas sobre o Rio Solimões. Disponível em < <http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/griosoli.htm>>. Acesso em 01 de março de 2008c.

PÁDUA, V. L. (coordenador), *et al. Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano*. PROSAB, Rio de Janeiro, 2006.

PEREZ, W. E.; *et al. Remoção de turbidez, coliformes totais e coliformes termotolerantes do Ribeirão Sozinha, no município de Goianópolis-GO, pelo sistema FiME*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25. Recife, ABES, 2009.

PIZZOLATTI, B. S.; *et al. Tratamento de água de lago por filtração lenta: estudo de três concepções de limpeza de filtro lento*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25. Recife, ABES, 2009.

PNRH, *Plano Nacional de Recursos Hídricos – Região Hidrográfica Amazônica*. Disponível em <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso em 14 de outubro de 2006.

PNRH, *Plano Nacional de Recursos Hídricos – Caderno Regional da Região Hidrográfica Amazônica*. Disponível em <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso em 14 de outubro de 2006.

SABOGAL-PAZ, L. P.; DI BERNARDO, L.. *Eficiência e risco na seleção da tecnologia de filtração em múltiplas etapas*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24. Belo Horizonte, ABES, 2007.

SANTOS, U.; RIBEIRO, M.N.G. A hidroquímica do Rio Solimões - Amazonas. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 18, n. 3-4, p. 145-172, 1988.

SARGENTINI, E. Jr.; *et al.* *Substâncias húmicas aquáticas: fracionamento molecular e caracterização de rearranjos internos após complexação com íons metálicos*. *Revista Química Nova*, Vol 24, No. 3, 339-344, 2001.

SILVA, M. L. da. *Características das águas subterrâneas numa faixa norte-sul na cidade de Manaus (AM)*. *Revista Escola de Minas*, vol.54 no.2. Ouro Preto. Abril-Junho/2001.

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2004. Brasília: MCIDADES. SNIS,2005

TAKEUTI, M. R. S.; *et al.* *Remoção de cor em filtro lento e coluna de polimento de carvão ativado granular*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, ABES, 2005.

TANGERINO, E. P. *Remoção de substâncias húmicas por meio da oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio e filtração lenta*. 2003. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.

TANGERINO, E. P.; *et al.* *Remoção de células de cianobactérias utilizando filtração em múltiplas etapas, com e sem uso de mantas não texturizadas*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, ABES, 2005.

ANEXO 1

Projeto Básico, Memorial Descritivo e Desenhos das obras civis necessárias para a implantação da ETA Rio Negro e ETA Rio Solimões. Estes documentos foram utilizados na concorrência pública, de acordo com a lei de licitações.

PROJETO BÁSICO DAS OBRAS CIVIS NECESSÁRIAS PARA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA PILOTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

1. Definição do objeto

Construção de base de concreto e estruturas metálicas, necessárias para a instalação das unidades piloto de tratamento de água, conforme memorial descritivo e plantas em anexo.

Em função das diferentes características da ETA Mauazinho e da ETA Km 13, serão marcadas visitas técnicas nos locais das obras para se efetuar o conhecimento destes locais, quando a FUCAPI emitirá o Atestado de Visita Técnica.

2. Justificativa

Este memorial descreve as obras civis necessárias para implantação de dois sistemas de tratamento de água, a serem construídos no Bairro Mauazinho em Manaus-AM e na Vila do Km 13 em Careiro da Várzea-AM. As obras serão executadas dentro da ETA Mauazinho, da empresa Águas do Amazonas e da ETA Km 13, da Prefeitura de Careiro da Várzea-AM.

Os objetos são partes integrantes do Projeto “Água Limpa para as pequenas comunidades da Amazônia”, executado pela Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI), em convênio com o Banco da Amazônia (BASA) e o Fundo de Investimento da Amazônia (FIAM), que possui como objetivo o desenvolver uma tecnologia para tratamento de água voltada para atendimento das pequenas comunidades da Amazônia.

Na Figura 1 é apresentada a localização das obras a partir da cidade de Manaus.



Figura 1: Localização da ETA Mauzinho e da ETA Km 13, a partir de Manaus-AM
Adaptado de Google Earth

3. METODOLOGIA

A execução das obras seguirão o Memorial Descritivo e Desenhos em Planta e Vista Lateral fornecidos pela FUCAPI.

4. PRAZO DE EXECUÇÃO

As obras deverão ser entregues após 20 dias, contados a partir da assinatura do contrato, podendo ser prorrogáveis por 10 dias, quando justificável.

5. VALOR ESTIMADO DAS OBRAS

As obras objeto desta licitação estão orçadas em R\$ 9.711,06 (nove mil, setecentos e onze reais e seis centavos), conforme apresentado na planilha orçamentária em anexo.

6. FONTES DE RECURSOS

Pagamento somente no final, na entrega da nota fiscal/fatura, após fiscalização e comprovada a efetivação dos serviços ou após revisão para cumprimento do memorial.

Os recursos necessários para a execução dos serviços constantes neste Memorial Descritivo se originarão do contrato firmado entre a FUCAPI e o Banco da Amazônia SA, sob o número 2005/302, contrato este firmado em 30/05/2006. Estes recursos financeiros já estão disponíveis para utilização em conta específica do projeto.

7. LOCAL DE EXECUÇÃO

Parte das obras civis será realizada na Estação de Tratamento de Água Mauazinho, da empresa Águas do Amazonas em Manaus-AM, já a outra parte será realizada na Estação de Tratamento de Água do Km13, da Prefeitura Municipal de Careiro da Várzea, na cidade de Careiro da Várzea-AM.

Na Figura 1 é indicado o posicionamento das obras em relação à cidade de Manaus.

8. RESPONSÁVEL PELO PROJETO E PELA FISCALIZAÇÃO

Núcleo de Tecnologias Sócio-Ambientais, do Centro de Desenvolvimento Regional da FUCAPI.

9. CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO

As obras serão aceitas somente após vistoria final realizada pelo Eng. Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães (FUCAPI), em conjunto com o Engenheiro Responsável pela obra por parte da construtora, onde será verificado o cumprimento total das especificações do projeto e emitido o aceite da obra.

10. PROCEDIMENTO PARA FISCALIZAÇÃO DURANTE AS OBRAS

A fiscalização dos serviços pela CONTRATANTE não exonera nem diminui a completa responsabilidade da CONTRATADA, por qualquer inobservância ou omissão às Cláusulas contratuais.

A CONTRATANTE se reserva o direito de fazer exigências à CONTRATADA, sempre que julgar necessário, para a proteção da integridade física dos trabalhadores durante o exercício das atividades e de terceiros, assim como dos bens e das propriedades das empresas proprietárias dos imóveis onde as obras serão executadas e também do meio ambiente.

As fiscalizações serão feitas semanalmente, de maneira a garantir que todas as exigências sejam cumpridas.

11. DEVERES DO CONTRATANTE

- Fornecer todas as informações necessárias para a execução das obras;
- Responder, sempre que solicitado, os questionamentos técnicos advindos da contratada;
- Exercer a fiscalização semanal durante as obras;
- Intermediar a relação entre a Contratada e as proprietárias das Estações de Tratamento de Água onde as obras serão executadas;
- Efetuar o pagamento do serviço, conforme acordado com a empresa contratada, mediante a apresentação da Nota Fiscal e após a aprovação das obras.

12. DEVERES DO CONTRATADO

- Responder a dúvidas e questionamento da Contratante, sempre que estas acontecerem;
- Usar materiais com qualidade que garanta a durabilidade das obras;
- Fornecer e exigir o uso de equipamentos de proteção individual e coletiva aos trabalhadores sob sua coordenação;

- Não adentrar às outras áreas das Estações de Tratamento de Água além das definidas no início da execução dos trabalhos;
- Trabalhar somente no horário comercial (diurno);
- Facilitar a fiscalização por parte da Contratante;
- Fornecer, à Contratante, e manter atualizada a relação nominal dos empregados designados para a execução dos serviços e responsabilizar-se, pelos encargos trabalhistas, previdenciários, fiscais e comerciais, resultantes da execução do contrato;
- Afastar, após notificação, todo empregado que, a critério da Contratante, proceder de maneira desrespeitosa para com os empregados e clientes desta, além do público em geral, garantindo que o mesmo não seja remanejado para um outro serviço da Contratada;
- Reparar e corrigir, às suas expensas, no total ou em parte, o objeto do contrato em que se verificarem vícios, defeitos ou incorreções resultantes da execução;

13. SANÇÕES

O atraso injustificado na execução do contrato sujeitará o contratado à multa de mora correspondente a 5% do valor contratado.

Pela inexecução total ou parcial do contrato serão aplicadas as penalidades previstas no art. 87 da Lei Federal 8.666/93.

10. QUALIFICAÇÃO TÉCNICA

Não será admitida a participação na Licitação de empresas em regime de concordata ou cuja falência haja sido decretada, bem como as sociedades estrangeiras não estabelecidas com representação no Brasil.

As Licitantes deverão fornecer junto com a proposta comercial uma cópia do Atestado de Visita Técnica.

MEMORIAL DESCRITIVO DAS OBRAS CIVIS NECESSÁRIAS PARA INTALAÇÃO DE UM SISTEMA PILOTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Este memorial descreve as obras civis necessárias para implantação de dois sistemas de tratamento de água, a serem construídos no Bairro Mauazinho em Manaus-AM e na Vila do Km 13 em Careiro da Várzea-AM. As obras serão executadas dentro da ETA Mauazinho, da empresa Águas do Amazonas e da ETA Km 13, da Prefeitura de Careiro da Várzea-AM.

Os objetos são partes integrantes do Projeto “Água Limpa para as pequenas comunidades da Amazônia”, executado pela Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI), em convênio com o Banco da Amazônia (BASA) e o Fundo de Investimento da Amazônia (FIAM), que possui, como objetivo principal, o desenvolver uma tecnologia para tratamento de água voltada para atendimento das pequenas comunidades da Amazônia.

As obras civis, a serem contratadas por preço global, são necessárias para a instalação de equipamentos dos sistemas de tratamento de água sob estudo e são constituídas por fundação em concreto armado do tipo radier, suporte metálico com cantoneiras galvanizadas para sustentação do sistema de tratamento de água (filtros de pedregulho e areia) e acessórios.

Na Figura 1 é apresentada a localização das obras a partir da cidade de Manaus e nas Figuras 2 e 3 são apresentadas as áreas das duas ETAs.



Figura 1: Localização da ETA Mauzinho e da ETA Km 13, a partir de Manaus-AM
Adaptado de Google Earth



Figura 2: Localização das obras a partir da ETA Mauzinho
Adaptado de Google Earth



Figura 3: Localização das obras a partir da ETA do Km 13

Adaptado de Google Earth

1. FUNDAÇÃO

A estrutura suporte para o filtro será apoiada no solo através de uma fundação tipo radier com dimensões horizontais (em planta) iguais a 0,9 m e 2,6 m. A altura do radier, é de 10,0 cm, sendo que o mesmo será executado sobre leito de concreto não estrutural com espessura de 5,0 cm.

A fundação do tipo radier deverá suportar uma tensão aplicada de 0,13 kgf/cm².

2. ESTRUTURA METÁLICA

A estrutura metálica em aço galvanizado terá plataformas em três níveis, conforme desenhos em anexo, e será apoiada diretamente na fundação tipo radier, com fixação através de buchas e parafusos galvanizados de 1/2" de diâmetro.

Deve ser construída utilizando cantoneiras metálicas galvanizadas de abas iguais de 1,5" e 3/16" de espessura. As ligações entre as cantoneiras serão realizadas através

de parafusos galvanizados de 1/2" de diâmetro, que possui o objetivo de facilitar sua futura desmontagem.

As plataformas metálicas de sustentação dos equipamentos serão confeccionadas em chapas de aço ASTM-A36 de 3/16" de espessura, que serão soldadas às cantoneiras. As plataformas deverão estar niveladas horizontalmente, para o recebimento dos filtros e terão um furo de 4" de diâmetro no seu centro.

As cantoneiras serão fixadas umas às outras com parafusos, de maneira a possibilitar a desmontagem futura da estrutura.

No topo da estrutura, formando uma plataforma, serão colocadas chapas metálicas sobre as cantoneiras, de acordo com projeto (desenhos em anexo). As chapas deverão ser niveladas horizontalmente, para o recebimento dos filtros e sua espessura será definida pela empresa construtora, conforme as informações disponibilizadas nos desenhos em anexo.

3. ACESSÓRIOS

No topo de cada nível das plataformas (nas laterais da plataforma) serão fixados dois olhais de aço galvanizado de 5/16" em cada nível das plataformas, de acordo com o projeto, de maneira a possibilitar a fixação dos equipamentos na estrutura. Ao todo, serão montados seis olhais em cada estrutura metálica.

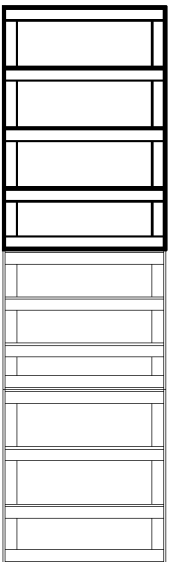
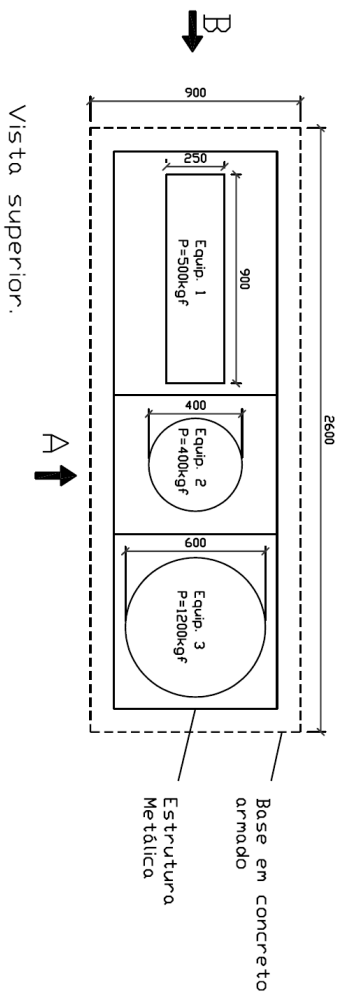
4. PROJETO E VALOR ESTIMADO DAS OBRAS

As obras objeto desta licitação estão orçadas em R\$ 9.711,06 (nove mil, setecentos e onze reais e seis centavos), conforme apresentado na planilha orçamentária em anexo.

Na Tabela 1 é demonstrado a planilha orçamentária u das obras, incluindo as obras da ETA Rio Negro, no Bairro do Mauzinho em Manaus-AM e da ETA Rio Solimões, localizada na Vila do Km 13 em Careiro da Várzea-AM.

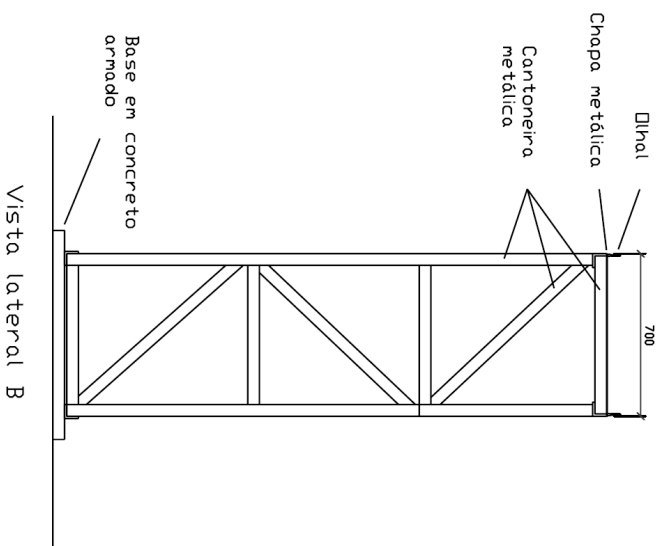
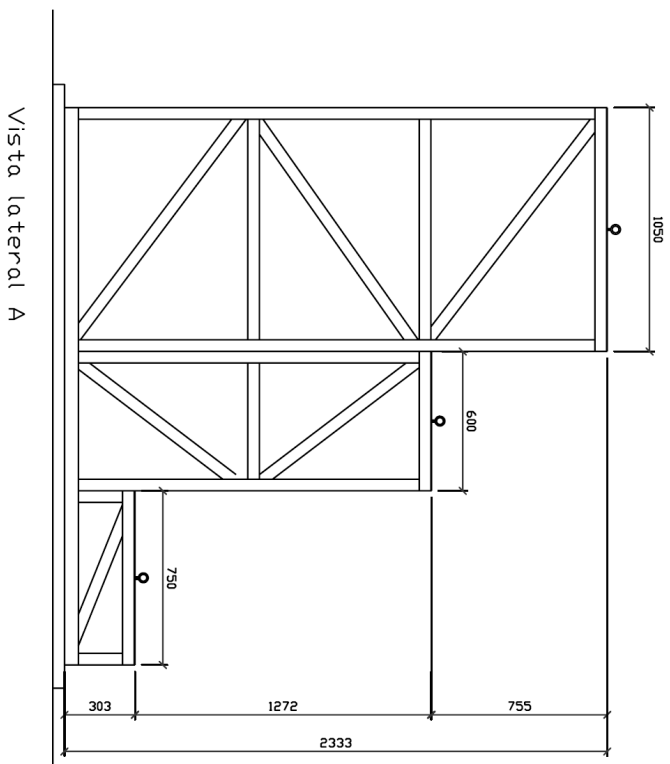
Tabela 1: Planilha orçamentária das obras civis

PROJETO : BASA				26 de setembro de 2007	
OBRA : CONTRUÇÃO DE SUPORTE PARA EQUIPAMENTOS					
LOCAL : Bairro Mauazinho em Manaus-AM e Vila do Km 13 em Careiro da Várzea-AM					
ITEM	DESCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	P/ UNIT.	P/ TOTAL
1.0	INFRA-ESTRUTURA				1.700,30
1.1	Locação da Obra	m²	5,00	100,00	500,00
1.2	Escavação	m³	0,50	222,64	111,32
1.3	Raspagem e limpeza do terreno	m²	6,00	1,77	10,62
1.4	Regularização e compactação do terreno	m²	6,00	7,07	42,42
1.5	Forma de tábuas para fundação	m²	6,00	37,89	227,34
1.6	Lastro de concreto	m³	0,30	306,98	92,09
1.7	Concreto Estrutural Fck 18Mpa	m³	0,50	464,21	232,11
1.8	Ferragem para concreto	kg	40,00	7,11	284,40
1.9	Impermeabilização	Vb	1,00	200,00	200,00
2.0	SUPERESTRUTURA				5.446,12
2.1	Cantoneira de aço A36	m	160,00	20,48	3.276,80
2.2	Base Primer	m²	10,00	8,61	86,10
2.3	Chapa de aço 5mm	m²	4,00	120,73	482,92
2.4	Parafuso de aço galvanizado 1/2”com porca e arruela	un.	200,00	2,78	556,00
2.5	Chumbadores expansíveis 1/2”	un.	30,00	34,81	1.044,30
3.0	Limpeza final da Obra				58,50
3.1	Limpeza final da Obra	m²	6,00	9,75	58,50
4.0	Mobilização				2.506,14
4.1	Mobilização da ETA do Mauazinho	vb	1,00	1.113,84	1.113,84
4.2	Mobilização da ETA Km13	vb	1,00	1.392,30	1.392,30
VALOR TOTAL					9.711,06



Estrutura de sustentação da chapa metálica.

FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO: FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
CASA: Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto Av. Governador Danillo de Matos Azeosa, 381			
ENGENHEIRO: Suporte para filtros			
TÍTULO: Suporte para filtros		OBSEVAÇÃO: Cotas em milímetros	NUMERO: 1/2
ESCALA: 1/ escala	DATA: Junho/2007	DESENHISTA: Rodrigo Costa	



FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO: FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
OSAR: Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
ENDEREÇO: Av. Governador Danilo de Matos Azeite, 381			
TÍTULO: Suporte para filtros		OBSEVAÇÃO: Cotas em milímetros	
ESCALA: 1/ escala	DATA: Junho/2007	DESENHISTA: Rodrigo Costa	NÚMERO: 2/2

ANEXO 2

Memorial Descritivo e Desenhos dos equipamentos em fibra de vidro, componentes da tecnologia FiME, instalados na ETA Rio Negro e ETA Rio Solimões. Estes documentos foram utilizados na concorrência pública, de acordo com a lei de licitações.

MEMORIAL DESCRITIVO DOS EQUIPAMENTOS EM FIBRA DE VIDRO

1. ESTRUTURA

As unidades possuem corpo e tampa em fibra de vidro com espessura mínima de 2 mm, que devem resistir à pressão proporcionada pela água e pelo pedregulho, devendo para isso, serem adotados os reforços estruturais complementares, conforme experiência de cada empresa. As superfícies externas das unidades devem ser revestidas com uma resina capaz de proteger a fibra de vidro do desgaste proporcionado pelas intempéries. As dimensões das unidades estão representadas no desenho técnico.

As alturas de água e pedregulho, em cada equipamento, a partir do fundo falso de cada um deles, serão as seguintes:

- Equipamento 1: 850 mm de pedregulho e 870 mm de água (conforme corte da folha 1/7);
- Equipamento 2: 1.100 mm de pedregulho e 1.125 mm de água (conforme corte da folha 3/7);
- Equipamentos 3: 900 mm de areia e 2.400 mm de água (conforme corte da folha 6/7).

2. TIRANTES

As unidades 1,2 e 3 são reforçadas por tirantes feitos em fibra de vidro com espessura mínima de 2mm. O número de tirantes em cada unidade é, respectivamente: quatro, cinco e três. As dimensões e os seus posicionamentos encontram-se no desenho técnico.

3. TELA DE AÇO INOXIDÁVEL

No fundo das unidades, encontraremos telas de aço inoxidável que devem resistir ao peso de camadas de pedregulho ou areia. As telas devem ter orifícios com diâmetros menores que os especificados abaixo:

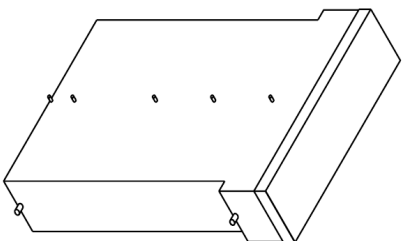
- Unidades 1 e 2 = 19mm
- Unidade 3 = 1mm

As dimensões da tela e o seu posicionamento podem ser encontrados no projeto.

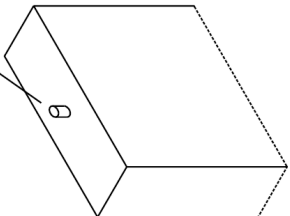
4. TUBULAÇÃO

Alguns tubos de PVC encontram-se posicionados na parede das unidades. Estes tubos devem obedecer ao diâmetro estabelecido pelo desenho técnico e devem ter 3cm de comprimento.

Desenho em perspectiva
da unidade 1.

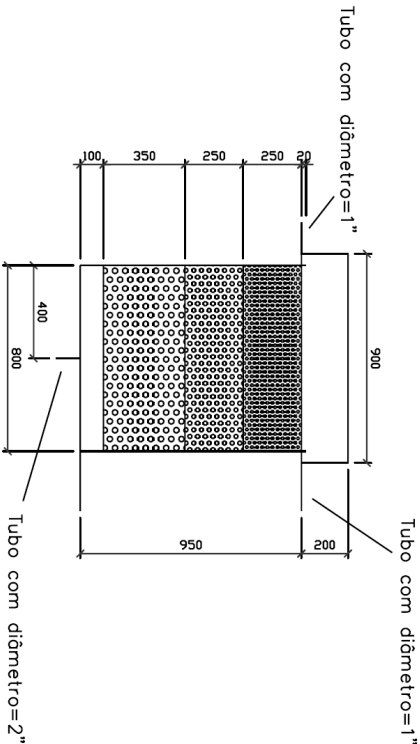


Detalhe do fundo.



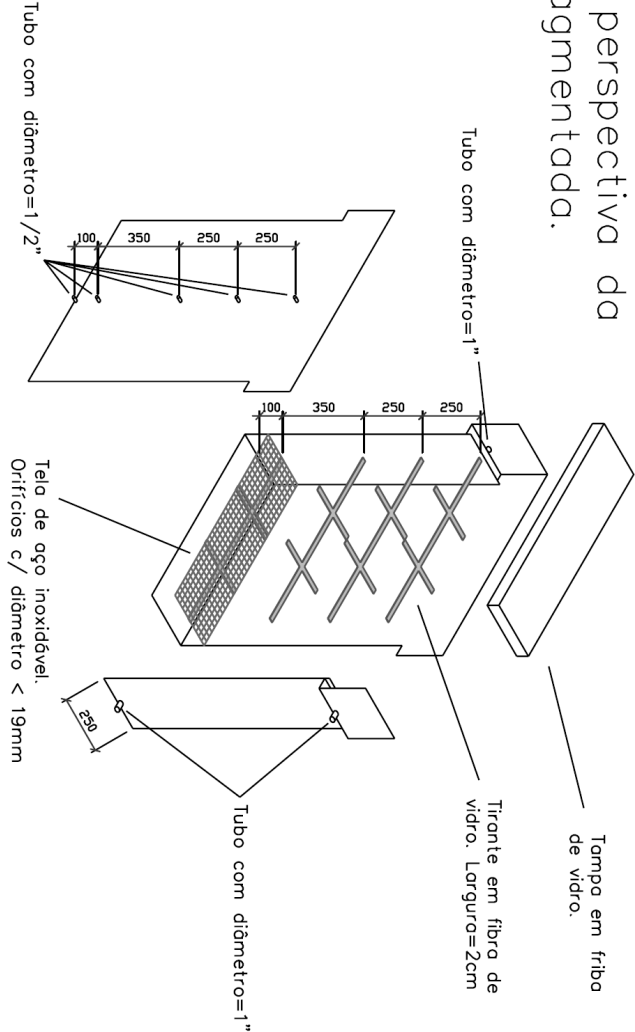
Tubo com diâmetro=2".
Localizado no centro do fundo.

Corte unidade 1.

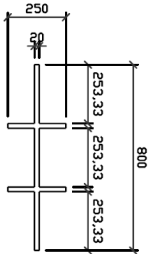


FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO: FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
CASA: Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
ENDEREÇO: Av. Governador Dário de Matos Azeite, 381			
TÍTULO: Equipamento 1		OBSERVAÇÃO: Cotas em milímetros	
ESCALA: S/ escala	DATA: Junho/2007	DESENHISTA: Rodrigo Costa	NÚMERO: 1/7

Desenho em perspectiva da unidade 1 fragmentada.

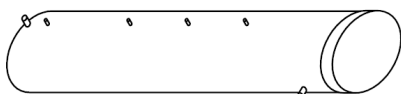


Vista superior do tirante.

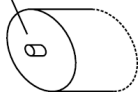


FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO: FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
CENSA: Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
ENDEREÇO: Av. Governador Danilo de Matos Azeosa, 381			
TÍTULO: Equipamento 1	OBSERVAÇÃO: Cotas em milímetros	NÚMERO: 2/7	
ESCALA: 1/2 escala	DATA: Junho/2007	DESENHISTA: Rodrigo Costa	

Desenho em perspectiva
da unidade 2.

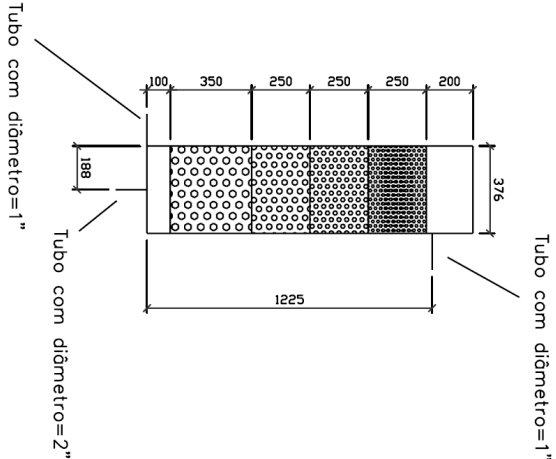


Detalhe do fundo.



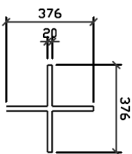
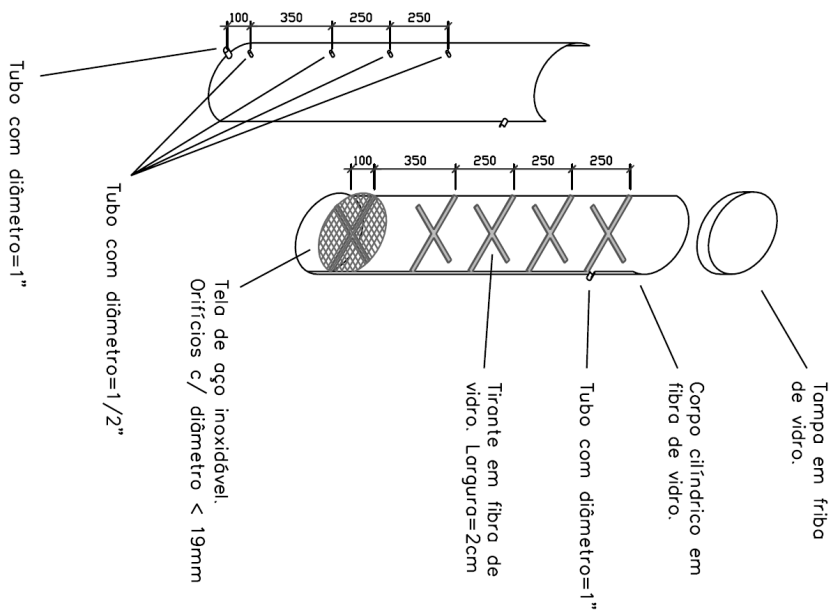
Tubo com diâmetro=2".
Localizado no centro do fundo.

Corte unidade 2.



FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO:			
FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
OBJETO:			
Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
AUTORIZAÇÃO:			
Av. Governador Dário de Matos Azeite, 381			
TÍTULO:		RESERVAÇÃO:	
Equipamento 2		Cotas em milímetros	
ESCALA:	DATA:	PROJECTISTA:	NÚMERO:
1/ escala	Junho/2007	Rodrigo Costa	3/7

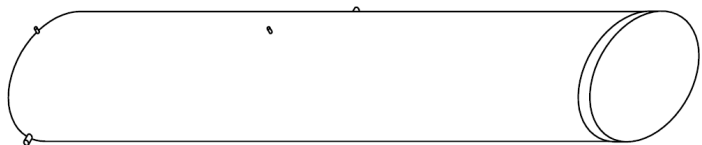
Desenho em perspectiva da unidade 2 fragmentada.



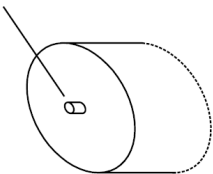
Vista superior do tirante.

FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO: FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
OBJETO: Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
FUNDADOR: M. Governador Danilo de Matos Azeite, 381			
TÍTULO: Equipamento 2	OBSERVAÇÃO: Cotas em milímetros		NÚMERO: 4/7
ESCALA: à escala	DATA: Julho/2007	DESIGNADO: Rodrigo Costa	

Desenho em perspectiva
da unidade 3.



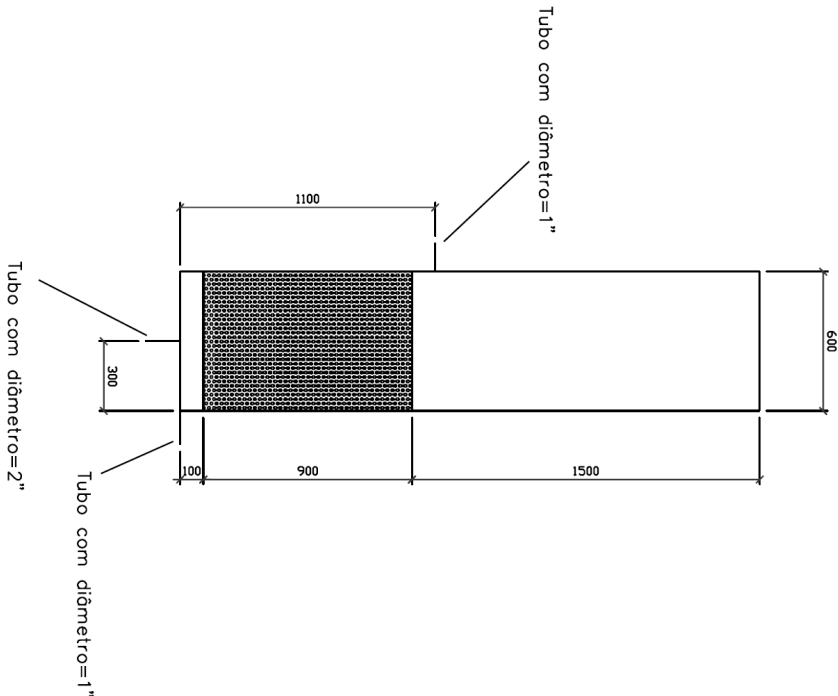
Detalhe do fundo.



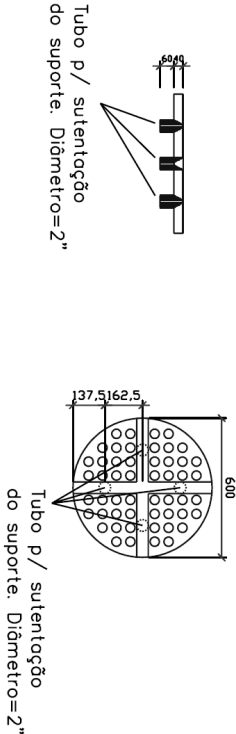
Tubo com diâmetro=2".
Localizado no centro do fundo.

FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO: FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
OBJETO: Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
FUNDADOR: Av. Governador Dário de Matos Azeite, 381			
TÍTULO: Equipamento 3		OBSERVAÇÃO: Cotas em milímetros	
ESCALA: 5/ escala	DATA: Junho/2007	DESIGNISTA: Rodrigo Costa	NÚMERO: 5/7

Corte da unidade 3.

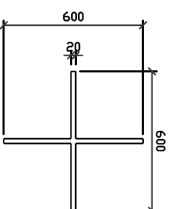
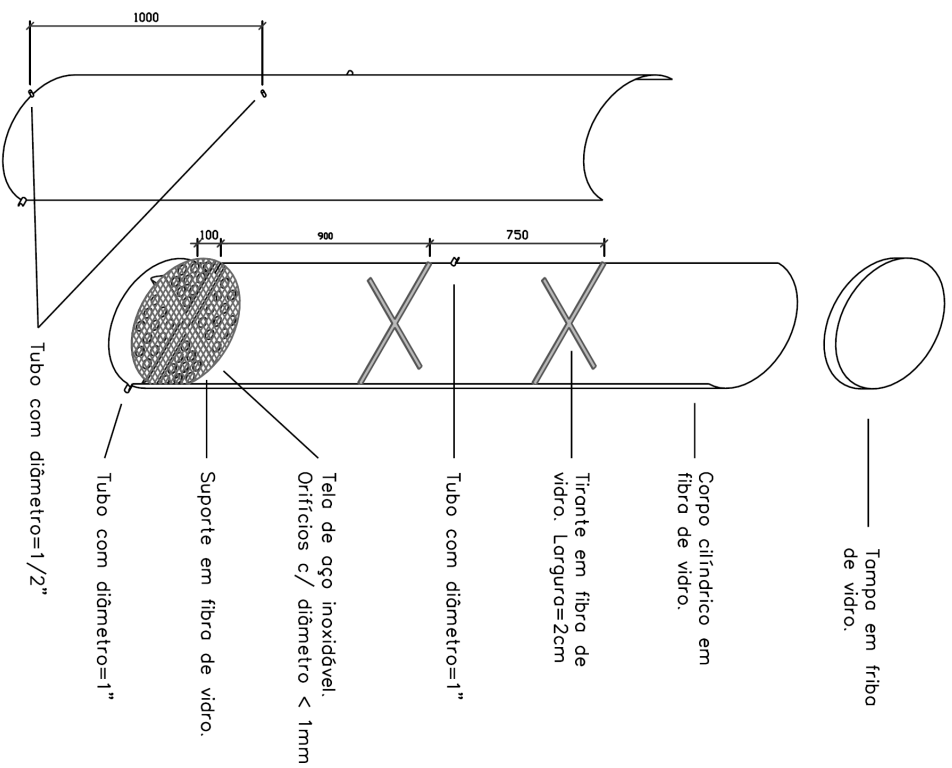


Vista lateral e superior do suporte em fibra de vidro.



FUCAPI			
BANCO DA AMAZÔNIA			
FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PROPRIETÁRIO:			
FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
CASA:			
Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
ENDEREÇO:			
Av. Governador Danillo de Matos Azeite, 381			
TÍTULO:			
Equipamento 3			
ESCALA:		NÚMERO:	
S/ escala		6/7	
DATA:		PROJEÇÃO:	
Julho/2007		Rodrigo Costa	
OBSERVAÇÃO:			
Cotas em milímetros			

Desenho em perspectiva da unidade 3 fragmentada.



Vista superior do tirante.

FUCAPI BANCO DA AMAZÔNIA FUNDO DE INVESTIMENTO DA AMAZÔNIA - FINAM			
PRÓPRIETÁRIO:			
FUCAPI - Núcleo de Tecnologias Ambientais			
OBJETO:			
Projeto Água Limpa para Pequenas Comunidades da Amazônia - ETA Piloto			
ENDEREÇO:			
Av. Governador Dantas de Matos Azeite, 381			
TÍTULO:		OBSERVAÇÃO:	
Equipamento 3		Cotas em milímetros	
ESCALA:	DATA:	DESENHISTA:	NÚMERO:
1/8 escala	Junho/2007	Rodrigo Costa	717

ANEXO 3

Tabelas de acompanhamento da operação da ETA Rio Negro preenchidas durante a Primeira Etapa de operação desta ETA

		maio/09																			
		11		13		15		18		20		22		25		27		29			
Parâmetro		ponto																			
Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada																				
	Ajustada								80	79	80						80	80	100		
	Encontrada								80	79	80						80	80	80		
Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Ajustada								40	50	50						50	50	50		
	Ajustada								50	50	50						50	50	50		
Perda de Carga no FL (cm)	-																		32		
pH (FUCAPI)	P1								6,51	6,67	6,67					6,67	6,82	7,00			
	P2								6,55	6,78	6,78					6,78	7,00	7,10			
	P3								6,91	6,81	6,81					6,81	6,71	7,10			
	P4								6,43	6,69	6,69					6,69	6,95	6,70			
Turbidez (FUCAPI)	P1								25,60	39,25	39,25					39,25	52,90	40,30	40,30		
	P2								19,60	23,10	23,10					23,10	26,60	24,00	24,00		
	P3								17,00	16,35	16,35					16,35	15,70	22,60	22,60		
	P4								13,10	13,55	13,55					13,55	14,00	20,70	20,70		
Cor Aparente (FUCAPI)	P1																				
	P2																				
	P3																				
	P4																				
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1								123,10	117,65	112,20					118,50	124,80	121,50			
	P2								104,70	104,40	104,40					104,40	104,10	98,40			
	P3								113,70	103,90	103,90					103,90	94,10	87,30			
	P4								103,60	86,85	70,10					80,95	91,80	76,90			
Cor verdadeira (Externo)	P1								100,00	115,00	130,00					125,00	120,00	150,00			
	P2								90,00	100,00	110,00					105,00	100,00	100,00			
	P3								90,00	90,00	90,00					85,00	80,00	90,00			
	P4								80,00	80,00	80,00					85,00	90,00	90,00			
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1								2400,00												
	P2								240,00												
	P3								240,00												
	P4								240,00												

Parâmetro	ponto	junho/09															
		1	3	5	8	10	12	15	18	19	22	24	26	29			
Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	80	90	79	78	80	110	80	120	120	65	65	70	65			
	Ajustada	80	90	80	80	80	90	80	80	100	80	80	80	75			
	Encontrada	20	20	30	40	40	15	40	56	30	60	30	55	40			
	Ajustada	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Ajustada	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
Perda de Carga no FL (cm)	-								144		87,00	30	28	28			
pH (FUCAPI)	P1	7,11	6,88	6,86	6,83	6,57	6,63	6,63	6,69	6,58	6,47	6,51	6,54	6,34			
	P2	6,89	7,00	6,88	6,75	6,70	6,65	6,65	6,60	6,59	6,58	6,91	6,58	6,50			
	P3	6,98	7,08	6,99	6,89	6,82	6,76	6,76	6,70	6,68	6,68	6,77	6,76	6,57			
	P4	6,73	7,02	6,97	6,92	6,96	6,77	6,77	6,57	6,60	6,62	6,64	6,73	6,59			
Turbidez (FUCAPI)	P1	24,00	25,60	29,00	32,40	29,80	21,60	21,60	13,40	47,05	80,7	45,0	34,7	77,4			
	P2	25,90	19,70	19,30	18,90	15,30	15,10	15,10	14,90	16,15	17,4	14,4	14,7	18,8			
	P3	15,00	12,80	14,30	15,80	13,20	14,00	14,00	14,80	14,65	14,5	13,1	13,2	16,4			
	P4	14,60	12,60	11,35	10,10	11,90	22,50	22,50	33,10	23,20	13,3	12,8	12,2	15,0			
Cor Aparente (FUCAPI)	P1																
	P2																
	P3																
	P4																
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1																
	P2																
	P3																
	P4																
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1	120,00	120,00	110,00	100,00	110,00	100,00	100,00	80,00	100,00	120,00	120,00	120,00	130,00			
	P2	80,00	100,00	95,00	90,00	90,00	80,00	80,00	90,00	95,00	100,00	100,00	100,00	100,00			
	P3	60,00	90,00	82,50	75,00	85,00	70,00	80,00	80,00	85,00	90,00	90,00	90,00	100,00			
	P4	89,00	90,00	85,00	80,00	80,00	70,00	70,00	50,00	65,00	80,00	80,00	70,00	90,00			
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1										240,00						
	P2										23,00						
	P3										240,00						
	P4										23,00						

		julho/09															
Parâmetro		ponto	1	3	6	8	10	13	15	17	20	22	24	27	29	31	
	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	65	63	80	80	60	60	60	60	60	60	60	60	55	58	60
		Ajustada	75	60	20	80	64	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Vazão ETA PEVAC + FL (L/h)	Encontrada	45	40	20	40	20	10	20	20	40	35	10	35	35	35	35
		Ajustada	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Perda de Carga no FL (cm)	-	28	25	22	25	22	20	22	22	24	23	14	18	18	20	
	pH (FUCAP)	P1	5,87	6,45	6,35	6,7	5,63	5,46	5,51	5,39	5,52	5,6	5,34				
		P2	6,26	6,67	6,72	6,66	6,21	6,19	6,24	6,32	6,01	6,04	5,91				
		P3	6,54	6,63	6,69	6,56	6,53	6,66	6,48	6,55	6,26	6,28	6,38				
		P4	6,45	6,55	6,49	6,68	6,31	6,5	6,46	6,13	6,23	6,24	6,20				
	Turbidez (FUCAP)	P1	92,5	40,0	106,0	22,8	48,9	20,0	30,0	37,8	26,1	26,9	30,0	20,0	21,5	32,6	
		P2	15,4	17,8	12,9	13,6	15,3	13,1	12,9	14,6	13,8	13,6	15,4	12,4	8,9	17,7	
		P3	11,9	13,3	12,1	12,3	11,9	13,2	12,0	14,8	12,4	12,2	12,3	11,9	12,9	15,8	
		P4	12,5	13,5	14,9	12,7	12,6	14,8	12,6	13,5	12,6	12,8	12,6	12,3	13,1	13,9	
Rio Negro	Cor Aparente (FUCAP)	P1															
		P2															
		P3															
		P4															
	Cor verdadeira (FUCAP)	P1															
		P2															
		P3															
		P4															
	Cor verdadeira (FUCAP)	P1	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
		P2	100,00	100,00	90,00	90,00	100,00	90,00	100,00	110,00	110,00	110,00	90,00	90,00	90,00	130,00	130,00
		P3	90,00	100,00	90,00	100,00	100,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	130,00
		P4	90,00	100,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	110,00
	Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1										240,00					
		P2										0,00					
		P3										0,00					
		P4										0,00					

		agosto/09															
Parâmetro	ponto	3	5	7	10	12	14	17	19	21	24	26	28	31			
		Encontrada	60	80	60	60	60	60	60	60	75	60	78	70	70		
Vazão ETA Total (L/h)	Ajustada	60	80	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	70	60		
	Encontrada	30	20	10	15	10	10	10	35	20	20	25	50	20			
Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Ajustada	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
Perda de Carga no FL (cm)	-	24	24	22	20	20	21	18	21	22	15	45	102	102			
pH (FUCAPI)	P1								5,6	5,3	6,71	5,93	5,34	5,91			
	P2								6,1	5,73	6,65	5,98	6,02	6,17			
	P3								6,3	6,05	6,61	6,2	6,16	6,37			
	P4								6,2	6,01	6,48	6,17	6,11	6,48			
Turbidez (FUCAPI)	P1	19,2	16,5	26,2	25,7	24,3	20,9	39,6	32,3	19,0	36,5	22,9	22,3	21			
	P2	15,2	14,9	17,1	13,5	13,8	14,0	16,0	13,1	15,0	18,5	13,1	13,4	12,1			
	P3	13,3	13,3	13,0	11,8	12	12,8	13,4	12,4	12,6	15,2	12,0	12,4	14,2			
	P4	13,0	12,5	12,8	11,6	11,3	11,7	12,6	12,6	12,2	13,7	17,1	12,0	11,7			
Cor Aparente (FUCAPI)	P1								173,9	192,9	255	159,9	172,5	162,3			
	P2								125,0	106,5	105,3	97,3	98,4	101,1			
	P3								100,4	89,5	100,2	95,6	92,6	89,5			
	P4								89,0	91,8	96,0	87,3	84,7	98,9			
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1								119,6	121,4	122,4	115,7	122	127			
	P2								94,0	92,4	93,8	91,5	88,4	79,9			
	P3								91,7	82,1	79,8	74,5	82,2	75,5			
	P4								88,4	79,7	72,9	66,0	73,9	79,8			
Cor verdadeira (Externo)	P1	130,00	130,00	120,00	140,00	120,00	140,00	140,00	120,00	120,00	120,00	60,00	120,00	120,00			
	P2	90,00	110,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	60,00	100,00	80,00			
	P3	90,00	90,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	110,00	80,00	100,00	60,00	80,00	80,00			
	P4	90,00	90,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	90,00	80,00	100,00	40,00	70,00	70,00			
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1									240,00							
	P2									0,00							
	P3									0,00							
	P4									0,00							

		setembro/09													
Parâmetro		ponto	2	4	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30
	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	70	80		80	80	80	0	80	10	10	60	60	60
		Ajustada	60	60		80	80	80	80	10	80	80	80	80	80
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Encontrada	20	20		20	20	30	0	0	0	0	10	10	10
		Ajustada	50	50		50	50	50	50	50	0	50	50	50	50
	Perda de Carga no FL (cm)	-	137	138	138,50	139	139	30	30	47	30	54	54	70	29
	pH (FUCAPI)	P1	5,72	6,45	6,54	6,62	6,5	6,3	6,38	6,46	6,18	5,9	5,90	5,9	6,05
		P2	6,11	6,58	6,28	5,97	6,2	6	6,05	6,09	6,69	5,97	5,92	5,87	6,13
		P3	6,22	6,27	6,21	6,14	6,45	6,25	6,25	6,05	6,00	5,95	6,05	6,14	5,97
		P4	6,27	6,49	6,35	6,2	6,38	6,21	6,23	6,25	6,1	6,06	6,05	6,04	5,94
	Turbidez (FUCAPI)	P1	13,5	23,4	21,80	20,2	17,3	21,4	21,25	21,1	13,50	5,9	5,90	5,9	6,05
		P2	10,8	12,9	13,75	14,6	12,2	14,1	16,40	18,7	14,2	5,97	5,92	5,87	6,13
		P3	4,6	10,4	11,00	11,6	12,3	13,25	13,25	14,2	10,08	5,95	6,05	6,14	5,97
		P4	13,2	8,8	10,00	11,2	16,0	12,3	12,45	12,6	16,45	6,06	6,05	6,04	5,94
Rio Negro	Cor Aparente (FUCAPI)	P1	145,4	201	190,90	180,8	149,2	142,7	155,80	168,9	165,15	161,4	221,20	281	196,5
		P2	118,8	134	127,55	121,1	104,5	99,3	139,25	179,2	113,3	135	417,80	700,6	91,4
		P3	102,6	112	102,25	92,5	101,2	114,1	114,10	127	124,10	121,2	117,30	113,4	114,80
		P4	81,3	84,2	79,45	74,7	75,8	92,1	106,05	120	95,2	125,4	99,90	74,4	77,90
	Cor verdadeira (FUCAPI)	P1	123,9	118	120,10	122,2	116,2	113,6	113,90	114,2	119,15	124,1	108,10	92,1	96,6
		P2	95,8	104,87	94,14	83,4	91,2	80,2	94,05	107,9	81,8	108,1	94,05	80	48,4
		P3	77,5	102,4	89,40	76,4	85,5	98,55	98,55	111,6	108,10	104,6	93,60	82,6	82,45
		P4	67,2	74,2	71,15	68,1	66,6	85,4	96,75	108,1	42,0	102,7	87,10	71,5	72,70
	Cor verdadeira (Externo)	P1	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	130,00	120,00	120,00
		P2	80,00	100,00	100,00	100,00	80,00	80,00	100,00	120,00	80,00	120,00	130,00	120,00	80,00
		P3	80,00	100,00	90,00	80,00	120,00	110	110,00	100,00	100,00	100,00	120,00	100,00	100,00
		P4	80,00	70,00	70,00	70,00	80,00	80,00	90,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	90,00
	Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1										2400,00			
		P2										240,00			
		P3										240,00			
		P4										23,00			

		outubro.09													
Parâmetro		ponto	2	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30
Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	60	80	90	90	95,00	100	100	100	80	80	80	80	80	80
	Ajustada	80	80	90	90	95,00	100	100	100	80	80	80	80	80	80
	Encontrada	10	20	10	0	10,00	20	70	80	50	50	50	30	50	20
	Ajustada	50	50	50	50	50,00	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	-	138	139	140	41	59,00	77	77	132	132	132	132	136	158	160
pH (FUCAPI)	P1	5,67	6,24	5,9	6,3	6,39	6,47	5,89	5,67	6,09	5,8	6,2	6,31	7	
	P2	5,82	6,13	6	6,02	6,05	6,07	6,08	5,98	5,96	5,77	5,98	6,48	6,16	
	P3	5,8	6,2	6,04	6,04	6,03	6,02	6,1	6,2	6,13	5,87	6,09	6,54	5,99	
	P4	5,83	6,24	6,17	6	5,94	5,88	6,13	6,01	6,21	5,91	5,91	6,03	6,76	5,75
Turbidez (FUCAPI)	P1	5,67	38,5	27,8	36,1	25,85	15,6	54,4	34,8	57,4	67	43	67	21,2	
	P2	5,82	30,1	19,2	19,8	16,15	12,5	19,6	23,5	19,9	23	24	23	7,56	
	P3	5,8	20,3	16,4	17,6	14,25	10,9	17,3	18,8	14,9	19	21	16,8	6,94	
	P4	5,83	17,5	15,3	15	8,91	2,81	10,7	8,01	9,29	12	11,9	11,43	6,43	
Cor Aparente (FUCAPI)	P1	175,1	215	142	215	200,20	185,4	156,3	170,5	173,9	430,2	162,3	252	191,2	
	P2	248	149	129,1	147	148,60	150,2	140,3	146	136,5	124,5	121,9	115,5	102,7	
	P3	116,2	111,7	121,3	138,6	135,85	133,1	124,7	125,4	117,9	108,7	108,9	112,1	93,2	
	P4	81,4	76,1	64,1	107,7	107,20	106,7	99,4	90,1	85,9	70,5	59,3	64,7	66,5	
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1	96,4	103	112	136,2	122,65	109,1	107,7	120	108,9	113,9	117,3	103,2	110,9	
	P2	84,1	98,3	99,8	93,4	100,25	107,1	111,9	101,4	95,5	93,9	89,3	85,2	76,6	
	P3	82,3	92,8	89,5	90,3	97,10	103,9	98,6	95,7	90,4	79,3	78,7	74,2	83,4	
	P4	73,9	69,3	66,5	93	95,00	97	94,7	83,1	85,3	70,2	54,5	52,7	54,8	
Cor verdadeira (Externo)	P1	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	80,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
	P2	100,00	120,00	0,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	100,00	100,00	100,00
	P3	100,00	100,00	100,00	120,00	120,00	120,00	100,00	100,00	100,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
	P4	80,00	70,00	40,00	100,00	100,00	100,00	120,00	80,00	80,00	80,00	60,00	40,00	70,00	70,00
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1									2400,00					
	P2									23,00					
	P3									23,00					
	P4									0,00					

		novembro/09													
Parâmetro		ponto	2	4	6	9	11	13	16	18	20	23	25	27	30
Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	80,00	80	80	80	80	80	80	80	80	80,00	80	80	80	70
	Ajustada	80,00	80	80	80	80	80	80	80	80	80,00	80	80	80	70
	Encontrada	15,00	10	20	30	50	50	50	40	30	35,00	40	50	48	50
	Ajustada	50,00	50	50	50	50	50	50	50	50	50,00	50	50	50	50
	Perda de Carga no FL (cm)	163,00	166	166	168	142	164	0,82	140	153,50	167	138	81	168	
pH (FUCAPI)	P1	6,47	5,94	6,23	6,03	5,77	6,02	5,81	5,55	6,33	7,10	6,10	5,71	6,36	
	P2	6,05	5,93	5,91	6,12	6,25	6,05	6,03	5,78	6,14	6,50	6,00	5,84	6,52	
	P3	6,17	6,34	6,23	6,09	6,05	5,99	6,05	6,02	6,21	6,40	6,70	6,05	6,47	
	P4	5,80	5,84	6,12	6,19	6,03	5,74	5,97	5,82	6,11	6,40	6,30	5,79	6,38	
Turbidez (FUCAPI)	P1	39,05	56,9	14,70	17,50	21,30	37,00	34,20	46,00	47,25	48,50	39,60	49,20	127,00	
	P2	12,13	16,7	7,28	4,07	27,80	58,90	11,30	26,50	21,85	17,20	20,30	17,00	17,20	
	P3	10,02	13,1	5,55	7,70	8,48	14,90	7,37	11,80	19,20	26,60	86,30	11,00	57,60	
	P4	9,52	12,6	3,56	3,68	4,75	10,60	4,11	6,36	9,78	13,20	5,07	9,61	13,80	
Cor Aparente (FUCAPI)	P1	288,60	386	155,90	161,60	193,00	199,10	238,00	238,00	261,50	285,00	248,00	263,00	187,50	
	P2	109,35	116	112,90	76,70	187,60	211,00	148,90	148,90	152,70	156,50	150,70	136,10	118,30	
	P3	92,40	91,6	107,10	100,30	139,10	140,40	134,20	134,20	165,80	197,40	278,00	126,80	107,90	
	P4	72,35	78,2	74,10	60,70	79,60	83,00	85,40	85,40	90,55	95,70	73,20	73,50	62,80	
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1	112,95	115	117,10	112,20	126,40	124,10	126,40	118,70	127,45	136,20	132,40	132,20	114,60	
	P2	75,95	75,3	66,40	98,60	115,00	118,30	109,90	99,00	103,40	107,80	114,60	106,90	99,30	
	P3	77,60	71,8	64,60	81,10	108,50	110,10	109,70	93,90	102,50	111,10	51,20	106,20	87,20	
	P4	58,40	62,0	59,60	68,00	78,10	72,00	71,90	66,60	74,50	82,40	61,00	61,30	55,50	
Cor verdadeira (Externo)	P1	130,00	140,00	140,00	120,00	120,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	
	P2	100,00	100,00	100,00	120,00	70,00	120,00	120,00	120,00	130,00	140,00	120,00	120,00	120,00	
	P3	80,00	80,00	70,00	100,00	100,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	
	P4	70,00	70,00	70,00	40,00	80,00	70,00	70,00	80,00	100,00	120,00	80,00	80,00	70,00	
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1								64,00						
	P2								23,00						
	P3								23,00						
	P4								0,00						

		dezembro/09													
		2		4	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30
Parâmetro		ponto													
Vazão ETA Total (L/h)		Encontrada	70	80		80	80	80	80	80					
		Ajustada	70	80		80	80	80	80	80					
Vazão ETA PVVAC + FL (L/h)		Encontrada	50	40		30	50	50	40	50					
		Ajustada	50	40		50	50	50	50	50					
Perda de Carga no FL (cm)		-	140	150	165,0	180	155	158	152	154					
pH (FUCAPI)		P1	6,3	6,4	6,4	6,5	6,9	6,5	6,4	6,5					
		P2	6,1	6,4	6,5	6,5	6,7	6,5	6,6	6,3					
		P3	6,3	6,5	6,5	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4					
		P4	6,3	6,3	6,4	6,4	6,4	6,5	6,6	6,5					
Turbidez (FUCAPI)		P1	145,0	107,0	104,9	102,7	987,4	41,7	149,0	96,0					
		P2	21,9	32,6	28,7	24,7	122,0	19,6	39,7	24,5					
		P3	19,2	27,4	22,1	16,8	174,0	40,8	37,6	17,9					
		P4	6,36	6,80	8,2	9,60	16,70	6,77	23,10	8,80					
Cor Aparente (FUCAPI)		P1	174,8	188,2	183,3	178,3	198,3	176,3	188,2	158,8					
		P2	132,0	125,8	123,6	121,4	128,3	134,9	145,8	116,3					
		P3	104,5	130,5	116,0	101,4	109,4	123,7	127,5	103,2					
		P4	59,40	52,80	55,3	57,80	65,20	76,70	61,90	53,30					
Cor verdadeira (FUCAPI)		P1	117,0	116,0	117,2	118,3	114,5	116,4	90,3	97,7					
		P2	88,2	90,5	89,9	89,3	106,2	107,8	68,9	102,0					
		P3	85,2	91,1	86,9	82,7	99,3	97,7	59,7	84,2					
		P4	47,4	47,8	49,8	51,8	56,6	60,2	12,8	44,1					
Cor verdadeira (Externo)		P1	120,0	120,0	120,0	120,0	140,0	140,0	120,0						
		P2	50,0	100,0	110,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0					
		P3	120,0	100,0	100,0	100,0	100,0	120,0	120,0						
		P4	0,0	40,0	55,0	70,0	60,0	60,0	30,0						
Coliformes Termotolerantes (Externo)		P1		240,00											
		P2		0,00											
		P3		23,00											
		P4		0,0											

Parâmetro	ponto	Janeiro/10											
		6	8	11	13	15	18	20	22	25	27	29	
Rio Negro	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	80		80	80	60	41	-	39	41	-	
		Ajustada	80		80	80	60	41	-	39	41	-	
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Encontrada	50		50	70	80	18	-	21	-	-	
		Ajustada	50		50	50	80	50	-	38	-	-	
	Perda de Carga no FL (cm)	-	27,5	28,5	29,5	31,0	-	26,0	31,5	13,0	30,0	-	
		P1	5,3	5,4	5,5			6,2	6,5	6,6	5,5	6,1	
		P2	5,2	5,3	5,4			6,5	6,4	6,4	6,1	6,2	
		P3	5,1	5,2	5,4			6,7	6,2			-	
		P4	5,1	5,3	5,5			6,1	6,1	6,6	6,0	6,3	
		P1	9,0	8,8	8,5	25,6	45,5	43,9	30,0	40,7	72,4	48,4	
Rio Negro	Turbidez (FUCAPI)	P2	4,8	6,9	9,0	81,6	34,2	132,0	18,8	96,7	28,7	107,0	
		P3	3,0	14,0	25,0	18,0	-	10,6	14,7	-	-	-	
		P4	1,7	5,9	10,00	15,70	10,50	7,93	12,20	6,49	11,40	13,70	
		P1	180,0	170,0	160,0	150,2	263,0	256,0	216,0	176,3	358,0	229,0	
		P2	120,0	180,0	240,0	113,4	146,0	525,0	154,9	74,8	205,0	412,0	
		P3	120,0	120,0	120,0	103,0	-	77,9	130,5	-	-	-	
		P4	120,00	120,0	120,00	80,70	91,60	62,10	112,70	84,20	132,70	103,90	
		P1				104,7	103,1	171,3	127,7	112,1	140,7	130,4	
		P2				88,6	70,6	67,6	103,1	64,8	135,5	91,1	
		P3				78,6	-	73,8	97,2	-	-	-	
Rio Negro	Cor verdadeira (FUCAPI)	P4				76,0	66,7	50,0	92,0	74,9	102,7	99,1	
		P1	120,0	130,0	140,0								
		P2	100,0	110,0	120,0								
		P3	100,0	100,0	100,0								
		P4	80,0	90,0	100,0								
	Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1											
		P2											
		P3											
		P4											
		P1											

Parâmetro	ponto	fevereiro/10					
		1	3	5	8	10	12
Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	-	38	39	-	41	69
	Ajustada	-	38	39	-	63	69
	Encontrada	-	38	36	-	51	46
	Ajustada	-	38	36	-	51	46
Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)							
Perda de Carga no FL (cm)	-	30,0	31,0	31,0	-	49,0	62,0
pH (FUCAPI)	P1	6,2	6,4	6,6	6,5	6,2	6,4
	P2	6,2	6,4	6,5	6,4	6,2	6,4
	P3	6,3	6,3	6,3	6,1	6,1	6,3
	P4	6,5	6,5	5,9	6,0	6,0	6,1
Turbidez (FUCAPI)	P1	53,5	27,4	31,1	45,6	33,2	37,7
	P2	45,6	20,0	24,5	12,0	19,6	36,4
	P3	21,7	13,0	20,4	11,2	13,8	14,6
	P4	7,06	5,56	4,0	5,47	6,95	7,88
Cor Aparente (FUCAPI)	P1	273,0	220,0	216,0	263,0	234,0	214,0
	P2	260,0	181,0	181,6	150,0	170,5	156,7
	P3	165,9	159,3	158,0	143,4	142,4	146,3
	P4	114,50	128,60	114,90	121,20	127,50	126,80
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1	155,4	142,2	141,8	118,9	135,9	118,7
	P2	122,1	126,2	129,4	115,7	112,3	114,8
	P3	112,4	122,4	124,1	113,0	106,3	124,0
	P4	107,8	107,7	108,5	105,0	101,4	100,2
Cor verdadeira (Externo)	P1						
	P2						
	P3						
	P4						
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1						
	P2						
	P3						
	P4						

ANEXO 4

Tabelas de acompanhamento da operação da ETA Rio Solimões preenchidas durante a Primeira Etapa de operação desta ETA

Parâmetro	ponto	mês/09									
		11	13	15	18	20	22	25	27	29	
Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada		120				80		80	80	
	Ajustada		80				80		80	80	
	Encontrada		50				50		50	50	
	Ajustada		50				50		50	50	
	Perda de Carga no FL (cm)	-								14	
pH (FUCAPI)	P1				7,08	6,91	6,91	6,91	6,74	7,40	
	P2				6,96	6,71	6,71	6,71	6,56	7,00	
	P3				6,78	6,69	6,69	6,69	6,60	7,20	
	P4				6,60	6,56	6,56	6,56	6,52	7,00	
Turbidez (FUCAPI)	P1				42,60	39,00	39,00	39,00	35,40	53,20	
	P2				29,90	28,10	28,10	28,10	26,30	15,80	
	P3				25,00	20,50	20,50	20,50	16,00	14,80	
	P4				19,00	15,65	15,65	15,65	12,30	13,20	
Rio Solimões	P1										
	P2										
	P3										
	P4										
Cor Aparente (FUCAPI)	P1				66,20	59,75	53,30	54,90	56,50	67,20	
	P2				54,50	39,10	39,10	39,10	23,70	32,50	
	P3				48,10	32,20	32,20	32,20	16,30	21,40	
	P4				30,90	23,90	16,90	12,25	7,60	17,90	
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1		100,00								
	P2		65,80				12,00	46,00	50,00	80,00	
	P3		75,00				50,00	65,00	20,00	80,00	
	P4		40,00				50,00	50,00	5,00	50,00	
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1		240,00								
	P2		23,00								
	P3		240,00								
	P4		0,00								

		junho/09																											
		ponto		1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29													
Rio Solimões	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	80	80	80	80	80	80	70	80	80	120	120	0	0	0													
	Ajustada	80	80	80	80	80	80	70	80	80	120	80	80	80	80	80													
	Vazão ETA PFV/AC + FL (L/h)	Encontrada	50	50	45	40	35	30	35	15	70	30	0	0	0	0													
	Ajustada	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50													
	Perda de Carga no FL (cm)	-												6	7	3													
	pH (FUCAP)	P1	7.14	6.99	6.99	6.83	7.12	6.96	6.96	6.80	6.72	6.74	7.13	6.71	6.80	6.80													
		P2	7.04	6.90	6.90	6.75	7.00	7.00	7.00	7.00	6.73	6.73	7.29	6.78	6.54	6.54													
		P3	7.12	7.01	7.01	6.89	7.16	6.98	6.98	6.79	6.75	6.78																	
		P4	7.03	6.98	6.98	6.92	7.12	7.01	7.01	6.90	6.81	6.87	7.08	6.75	6.81	6.81													
	Turbidez (FUCAP)	P1	31.9	34.45	34.45	37.00	41.40	36.20	36.20	31.00	30.60	32.2	33.5	34.0	35.7	35.7													
		P2	28.4	24.15	24.15	19.90	24.70	25.35	25.35	26.00	22.90	46.9	13.7	16.2	30.5	30.5													
		P3	25.2	22.20	22.20	19.20	23.30	20.10	20.10	16.90	16.40	19.6																	
		P4	21.8	19.55	19.55	17.30	17.30	14.55	14.55	11.80	11.40	11.2	12.0	11.3	11.6	11.6													
Cor Aparente (FUCAP)	P1																												
	P2																												
	P3																												
	P4																												
Cor verdadeira (FUCAP)	P1																												
	P2																												
	P3																												
	P4																												
Cor verdadeira (FUCAP)	P1	25.00	42.50	42.50	60.00	90.00	80.00	60.00	100.00	10.00	60.00	45.00	60.00	65.00	65.00														
	P2	30.00	22.50	22.50	15.00	75.00	70.00	40.00	12.00	0.00	20.00	10.00	10.00	10.00	10.00														
	P3	30.00	21.00	21.00	12.00	65.00	60.00	30.00	13.00	0.00	15.00																		
	P4	30.00	22.50	22.50	15.00	50.00	15.00	30.00	10.00	0.00	10.00	0.00	0.00	5.00	5.00														
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1													0.00	0.00														
	P2													23.00	23.00														
	P3																												
	P4														0.00														

Parâmetro		Julho/09													
ponto		1	3	6	8	10	13	15	17	20	22	24	27	29	31
Rio Solimões	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada Ajustada	0 80												
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Encontrada Ajustada	0 50												
	Perda de Carga no FL (cm)	- P1	3												
	pH (FUCAPI)	P2	6,63												
		P3													
		P4	6,59												
		P1													
	Turbidez (FUCAPI)	P2	43,5												
		P3													
		P4	11,6												
		P1													
	Cor Aparente (FUCAPI)	P2													
		P3													
		P4													
		P1													
	Cor verdadeira (FUCAPI)	P2													
		P3													
		P4													
		P1													
	Cor verdadeira (Externo)	P2	12,50												
		P3													
		P4	10,00												
		P1													
	Coliformes Termotolerantes (Externo)	P2													
		P3													
		P4													
		P1													
		P2													
		P3													
		P4													
		P1													

		agosto/09																		
	Parâmetro	ponto																		
			3	5	7	10	12	14	17	19	21	24	26	28	31					
Rio Solimões	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	90	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90					
		Ajustada	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80					
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Encontrada	45	45	45	45	45	40	50	40	40	50	45	50	50					
		Ajustada	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50					
	Perda de Carga no FL (cm)	-	90	90	90	86	86	86	126	157	147	44	45	44	44					
	pH (FUCAP)	P1								5,0	6,48	6,03	6,79	6,73	5,02					
		P2								5,0	6,04	6,19	6,77	6,71	5,68					
		P3								5,2	5,87	6,37	6,8	6,85	6,6					
		P4								6,3	5,57	6,32	6,7	6,87	6,65					
	Turbidez (FUCAP)	P1	30,9	31,7	34,4	67,5	42,1	60,2	63,7	39,6	65,0	74,3	74,0	56,9	71,2					
		P2	27,7	24,8	27,8	28,3	27,9	32,7	35,5	29,0	11,6	34,4	31,9	34,1	13,9					
		P3	24,6	22,9	19,9	21,8	20,9	27,2	30,1	28,0	12,6	28,2	29,1	27,1	19,6					
		P4	17,6	15,7	12,6	13,4	12,0	11,9	12,5	18,7	10,7	13,7	16,5	14,3	10,9					
Rio Solimões	Cor Aparente (FUCAP)	P1								122,8	167,1	308	345	398	62					
		P2								2,5	117,9	138,2	133	142,5	5,9					
		P3								7,8	106,5	95,9	96,4	106,8	68,2					
		P4								5,5	52,9	29,6	29,8	33,9	12,4					
	Cor verdadeira (FUCAP)	P1								5,7	34,8	32,2	36,6	46,1	7,4					
		P2								0,1	26,7	25,4	34,5	45,0	0					
		P3								4,5	34,8	19,2	33,1	17,3	20,7					
		P4								2,6	24,3	15,0	31,8	24,4	1,3					
	Cor verdadeira (Externo)	P1	50,00	50,00	70,00	70,00	70,00	70,00	80,00	5,00	80,00	80,00	80,00	100,00	0,00					
		P2	65,00	65,00	60,00	60,00	60,00	60,00	65,00	0,00	60,00	65,00	70,00	70,00	0,00					
		P3	65,00	55,00	50,00	50,00	50,00	60,00	70,00	0,00	60,00	50,00	70,00	60,00	5,00					
		P4	45,00	15,00	20,00	20,00	10,00	15,00	10,00	0,00	40,00	10,00	30,00	20,00	0,00					
	Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1	23,00																	
		P2	23,00																	
		P3	23,00																	
		P4	23,00																	

		setembro/09															
Parâmetro		ponto															
		2	4	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30			
Rio Solimões	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	70	80		100	100	0	80	80	0		120	80			
		Ajustada	70	70		80	80	80	80	60	80		80	80			
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Encontrada	50	50		40	50	0	50	20	0		120	40			
		Ajustada	50	50		50	50	50	50	50	50		50	50			
	Perda de Carga no FL (cm)	-	44	44	59	74	65	35	147	110	48	87	105,5	126	126		
	pH (FUCAP)	P1	6,85	7,1	7,23	7,36	6,11	6,79	7,02	6,66	6,87	6,34	6,67	7	6,93		
		P2	6,43	6,45	6,395	6,34	6	6,86	7	6,94	6,97	6,6	6,75	6,9	6,45		
		P3	6,24	6,23	6,265	6,3	6,5	6,74	6,98	7,02	6,895	6,77	6,825	6,88	6,57		
		P4	6,36	6,75	6,68	6,61	6,2	6,73	6,89	7,24	7,06	6,67	6,785	6,9	6,73		
	Turbidez (FUCAP)	P1	32,8	102	107	112	17,8	27,2	89,2	67,8	77,2	6,34	6,67	7	6,93		
P2		18,7	40,3	35,95	31,6	15,3	17,5	41,7	32,7	64,2	6,6	6,75	6,9	6,45			
P3		14,6	19,8	18,3	16,8	13,6	21,85	30,1	22,6	14,685	6,77	6,825	6,88	6,57			
P4		6,36	12,4	11,6	10,8	10,2	12,7	12,8	11,9	11,1	6,67	6,785	6,9	6,73			
Cor Aparente (FUCAP)	P1	105,3	320,3	404,65	489	12,8	315,7	348	97,4	329	142,8	222,9	303	354			
	P2	90,1	123	118,05	113,1	5,3	114,3	172,4	65,7	290	48,3	165,15	282	630			
	P3	70,6	43,9	44,1	44,3	18,2	70,5	122,8	64,5	55,65	46,8	58,45	70,1	23,1			
	P4	25,9	15,5	12,25	9	7,8	18,3	37,3	9,2	6,7	12,8	15,05	17,3	3,7			
Cor verdadeira (FUCAP)	P1	40,6	72,2	59	45,8	5,3	35,4	45	10,1	31,6	9,8	16,9	24	19,4			
	P2	34,6	58,1	41,1	24,1	0	19,9	39,3	9,4	10,7	14,4	15,45	16,5	11,6			
	P3	23,3	53,2	33,75	14,3	10,4	21,1	31,8	8,6	9,35	10,1	13,15	16,2	5,3			
	P4	9,6	12,9	9,35	5,8	2,4	3,8	21,3	7,4	1,67	6,5	6,65	6,8	4,1			
Cor verdadeira (Externo)	P1	80,00	70,00	85	100,00	0,00	70,00	70,00	40,00	80,00	10,00	4,5	80,00	80,00			
	P2	60,00	60,00	50	40,00	0,00	20,00	60,00	20,00	20,00	10,00	40	70,00	40,00			
	P3	50,00	50,00	30	10,00	0,00		60,00	30,00	20	10,00	25	40,00	0,00			
	P4	10,00	10,00	5	0,00	5,00	20,00		5,00	5,00	5,00	7,5	10,00	0,00			
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1	23,00															
	P2	23,00															
	P3	240,00															
	P4	0,00															

	Parâmetro	ponto	outubro/09																											
			2	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30															
Rio Solimões	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	80	80	80	80	70,00	60	60	0	0	0	70	80	80															
		Ajustada	80	80	80	80	70,00	60	60	60	60	60	70	80	80															
		Encontrada	40	10	100	100	85,00	70	20	0	0	80	80	30	30															
		Ajustada	50	50	50	50	50,00	50	50	50	0	50	50	50	50															
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	-	126	40	42	41	57,50	74	74	32	32	34	70	135	170															
		P1	6,85	4,48	6,37	6,54	6,67	6,79	6,87	7,02	7,16	7,3	7,1	7,03	7,24															
		P2	6,76	6,51	6,62	6,74	6,82	6,89	6,45	6,75	7,07	7,25	7,5	7,09	6,47															
		P3	6,87	6,78	6,68	6,89	7,10	7,31	6,75	6,89	7,16	7,43	7,95	7,13	6,82															
	pH (FUCAP)	P4	6,74	6,72	6,7	6,91	6,87	6,83	7,02	7,23	7,35	7,47	7,42	7,27	6,97															
		P1	6,85	131	104	123	69,15	15,3	352	56,1	167,55	279	70	102	77															
	Turbidez (FUCAP)	P2	6,76	26,4	54,8	32,4	18,27	4,13	16,5	10,2	14,6	18,5	14	34	20,2															
		P3	6,87	23,34	39,8	15,8	10,55	5,29	8,12	8,42	9,38	10,34	11,2	21	15,9															
		P4	6,74	11,07	15,4	12,3	8,13	3,95	4,6	5,59	6,25	6,9	7,9	12,8	2,11															
		P1	522	150,2	171,5	419	223,30	27,6	174,8	197,9	183,20	168,5	279	556	447															
Rio Solimões	Cor Aparente (FUCAP)	P2	216	33,1	143,7	80,6	51,40	22,2	0	0	4,7	0	233	247	89,5															
		P3	54	83,80	113,6	46,1	35,30	24,5	0	0	95,05	190,1	186,6	171,3	68,8															
		P4	16	27,55	39,1	17,9	14,15	10,4	0	0	0,00	0	170,2	0	7,5															
		P1	25,6	4,2	36,6	26,6	19,00	11,4	34,1	33,5	55,25	77	118	63,6	25,9															
	Cor verdadeira (FUCAP)	P2	22,7	9,8	34,2	19,6	15,30	11	0	0	0	0	110	42,3	3,9															
		P3	10,8	16,80	22,8	6,7	10,20	13,7	0	0	37,50	75	73	38,9	6,9															
		P4	7,4	12,20	17	2,2	4,90	7,6	0	0	0,00	0	4,2	0	6,4															
		P1	80,00	0,00	120,00	120,00	62,50	5,00	120,00	80,00	80,00	80,00	120,00	120,00	120,00															
	Cor verdadeira (Externo)	P2	60,00	10,00	80,00	20,00	12,50	5,00	0,00	0,00	0	0,00	120,00	80,00	40,00															
		P3	20,00	40,00	60,00	10,00	5,00	0,00	0,00	0,00	40,00	80,00	80,00	60,00	20,00															
		P4	0,00	10,00	20,00	5,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00															
		P1	2400,00																											
Coliformes Termotolerantes (Externo)		P2	23,00																											
		P3	0,00																											
		P4	0,00																											

Parâmetro	ponto	novembro/09															
		2	4	6	9	11	13	16	18	20	23	25	27	30			
Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	45,00	10	10	10	10	0	80	80	40,00	0	0	30	0			
	Ajustada	45,00	10	60	70	0	60	80	80	40,00	0	40	0	60			
	Encontrada	15,00	0	0	0	0	0	0	20	10,00	0	0	0	0			
	Ajustada	25,00	0	50	50	0	50	0	50	25,00	0	120	22	0			
	Perda de Carga no FL (cm)	132,50	95	95	135	114	116	0,78	140	138,00	138	89	93	140			
pH (FUCAP)	P1	7,14	7,04	7,18	7,32	7,06	6,96	7,15	7,51	7,41	7,30	7,20	7,33	7,30			
	P2	6,77	7,06	7,54	7,45	7,00	6,92	7,01	7,42	7,31	7,20	7,20	7,11	7,38			
	P3	6,98	7,14	7,38	7,39	6,96	7,29	7,34	7,39	7,40	7,30	7,24	7,24	7,22			
	P4	6,88	6,79	7,49	7,41	6,82	7,19	7,09	7,42	7,06	6,70	6,80	6,89	7,27			
Turbidez (FUCAP)	P1	83,10	89,2	18,00	35,60	69,40	186,00	115,00	116,00	112,00	108,00	77,00	120,00	42,00			
	P2	20,10	20	2,46	10,20	11,90	4,47	8,09	8,25	10,28	12,30	6,88	34,00	18,90			
	P3	28,60	41,3	não codeta	34,10	48,00	48,50	42,40	66,00	63,45	60,90	78,00	70,10	16,70			
	P4	6,31	10,5	1,86	1,63	0,48	2,06	2,30	65,10	33,96	2,81	2,32	3,74	5,78			
Cor Aparente (FUCAP)	P1	408,50	370	82,90	160,80	267,00	229,00	214,00	478,00	421,00	364,00	359,00	462,00	270,00			
	P2	81,90	74,3	10,00	111,90	49,40	22,90	26,40	321,00	180,45	39,90	23,80	126,80	21,40			
	P3	141,90	215	não codeta	67,90	206,00	189,70	176,60	265,00	257,50	250,00	270,00	291,00	188,10			
	P4	6,60	5,7	5,00	63,20	0,00	15,50	18,90	261,00	134,20	7,40	8,50	11,90	3,20			
Cor verdadeira (FUCAP)	P1	30,45	35	20,00	30,90	36,40	50,60	37,20	35,80	47,35	59,90	110,30	147,80	24,90			
	P2	9,85	15,8	8,60	18,20	13,20	26,20	5,10	33,90	21,55	9,20	3,30	19,80	4,70			
	P3	14,90	22,9	não codeta	12,10	36,70	59,00	36,20	28,00	39,00	50,00	41,20	45,00	39,80			
	P4	3,20	0	0,00	10,20	11,10	0,00	10,60	30,80	17,10	3,40	9,70	11,60	1,40			
Cor verdadeira (Externo)	P1	120,00	120,00	60,00	120,00	120,00	80,00	80,00	120,00	120,00	120,00	140,00	120,00	120,00			
	P2	25,00	10,00	10,00	10,00	15,00	10,00	10,00	120,00	70,00	20,00	10,00	60,00	10,00			
	P3	50,00	80,00	100,00	120,00	80,00	80,00	80,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00			
	P4	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	10,00	10,00	120,00	65,00	10,00	10,00	10,00	10,00			
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1		240,00														
	P2		23,00														
	P3		23,00														
	P4		0,00														

		dezembro/09														
	Parâmetro	ponto	2	4	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	
Rio Solimões	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	0	20		0	60	0	0	0	50					
		Ajustada	0	30		60	60	60	0	60	50					
	Vazão ETA PF/VAC + FL (L/h)	Encontrada	0	35		0	56	0	0	0	0					
		Ajustada	0	35		0	54	0	0	0	50					
	Perda de Carga no FL (cm)	-	130	130	155,0	180	150	151	148	153	26,5					
	pH (FUCAP)	P1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,5	7,5	7,6	7,7	7,6					
		P2	7,4	7,3	7,3	7,3	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5					
		P3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,7	7,6	7,6	7,6	7,5					
		P4	7,2	7,4	7,4	7,4	7,8	7,8	7,5	7,6	7,6					
	Turbidez (FUCAP)	P1	169,0	151,0	154,5	158,0	31,4	169,0	495,0	176,0	345,0					
		P2	31,7	27,2	29,8	32,4	26,8	57,3	111,0	32,9	60,4					
		P3	96,2	71,2	77,8	84,3	28,1	181,0	110,0	53,7	56,2					
P4		4,2	2,8	3,1	3,5	12,2	2,4	2,1	5,4	6,2						
Cor Aparente (FUCAP)	P1	374,0	327,0	274,5	222,0	256,0	327,0	287,0	363,0	495,0						
	P2	101,2	237,0	145,6	54,1	273,0	376,0	212,0	322,0	224,0						
	P3	232,0	224,0	207,5	190,9	190,9	234,0	165,8	334,0	136,0						
	P4	5,6	19,4	15,6	11,8	17,9	22,8	18,1	10,0	38,1						
Cor verdadeira (FUCAP)	P1	53,9	34,9	32,7	30,5	53,6	63,2	90,3	76,0	24,5						
	P2	16,1	40,5	28,0	15,4	62,8	97,3	68,9	49,0	16,4						
	P3	50,0	24,5	33,2	41,8	42,2	56,2	59,7	54,9	13,0						
	P4	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	9,2	12,8	8,4	7,5						
Cor verdadeira (Externo)	P1	120,0	100,0	110,0	120,0	120,0	120,0	120,0								
	P2	90,0	20,0	70,0	120,0	120,0	80,0	120,0								
	P3	50,0	120,0	100,0	80,0	120,0	120,0									
	P4	40,0	0,0	5,0	10,0	5,0	5,0									
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1				2400,0											
	P2				23,0											
	P3				23,0											
	P4				0,0											

		Janeiro/10													
Parâmetro		ponto	1	4	6	8	11	13	15	18	20	22	25	27	29
	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada				60	70,00	80	80	90	80	-	77	78	78
		Ajustada				80	80,00	80	80	90	80	-	77	78	78
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Encontrada				40	40,00	40	30	15	30	-	46	61	31
		Ajustada				50	50,00	50	-	-	30	-	46	61	31
	Perda de Carga no FL (cm)	-				128	135,50	143	143	145	148,0	150,0	145,0	-	145,0
pH (FUCAP)	P1					6,9	6,8	6,8	6,8	7,0	7,6	7,4	7,3	7,3	7,7
	P2					7,1	5,9	4,7	6,4	7,1	7,0	7,4	7,2	7,2	7,4
	P3					6,9	5,7	4,4	6,5	7,1	6,8	7,6	7,2	7,4	7,4
	P4					6,9	6,8	6,7	6,4	7,2	6,8	7,5	7,3	7,1	7,5
Turbidez (FUCAP)	P1					70,0	75,0	80,0	295,0	414,0	434,0	388,0	348,0	332,0	279,0
	P2					61,0	48,0	35,0	266,0	43,5	132,0	165,0	200,0	168,0	178,0
	P3					50,0	26,5	2,9	57,7	38,4	111,0	123,0	139,0	142,0	151,0
	P4					16,0	8,1	0,3	18,1	5,5	3,0	4,4	7,4	62,1	48,0
Rio Solimões	Cor Aparente (FUCAP)	P1				300,0	300,0	300,0	428,0	502,3	1650,0	643,0	553,0	1350,0	1206,0
		P2				210,0	165,0	120,0	144,4	157,9	480,0	513,0	500,0	772,0	824,0
		P3				210,0	135,0	60,0	71,1	136,6	433,0	432,0	451,0	660,0	570,0
		P4				120,0	65,0	10,0	8,7	11,3	4,1	17,0	16,8	270,0	193,0
Cor verdadeira (FUCAP)	P1								94,6	112,8	189,4	114,7	81,6	111,8	94,7
	P2								80,0	16,8	75,1	75,9	75,1	100,0	82,9
	P3								11,7	10,5	65,7	68,6	67,3	92,6	71,8
	P4								3,1	0,0	0,0	3,7	12,0	70,9	52,2
Coliformes Termotolerantes (Externo)	Cor verdadeira (Externo)	P1				180,0	195,0	210,0							
		P2				180,0	110,0	40,0							
		P3				180,0	95,0	10,0							
		P4				80,0	42,5	5,0							
	Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1													
		P2													
		P3													
		P4													

		fev/10															
Parâmetro		ponto	1	3	5	8	10	12	18	19	22	24	26				
Rio Solimões	Vazão ETA Total (L/h)	Encontrada	-	63	63	65	65,50	66	55	58	53	53	58				
		Ajustada	-	63	63	65	65,50	66	55	58	53	53	58				
	Vazão ETA PFVAC + FL (L/h)	Encontrada	58	50	48	57	55,00	53	46	41	44	47	30				
		Ajustada	58	50	48	57	55,00	53	46	41	44	47	30				
	Perda de Carga no FL (cm)	-	1450	1410	1410	1340	127,00	120,0	1300	-	1300	1200	1420				
	pH (FUCAP)	P1	7,6	7,4	7,4	7,7	7,7	7,6	7,5	7,7	7,6	7,4	7,7				
		P2	7,6	7,5	7,4	7,5	7,5	7,6	7,5	7,6	7,6	7,6	7,6				
		P3	7,5	7,5	7,3	7,4	7,5	7,5	7,5	7,6	7,5	7,6	7,6				
		P4	7,6	7,7	7,1	7,3	7,4	7,5	7,4	7,7	7,5	7,4	7,4				
	Turbidez (FUCAP)	P1	5421,0	209,0	229,0	225,0	328,0	431,0	267,0	328,0	163,0	271,0	256,0				
		P2	183,0	121,0	123,0	150,0	142,5	135,0	154,0	127,0	66,2	156,0	162,0				
		P3	128,0	115,0	81,8	112,0	114,0	116,0	117,0	111,0	33,3	108,0	121,0				
		P4	25,0	16,3	23,4	21,4	18,4	15,4	10,4	23,4	31,5	18,8	31,2				
Cor Aparente (FUCAP)	P1	1458,0	992,0	1122,0	821,0	1186,0	1551,0	876,0	454,0	407,0	647,0	684,0					
	P2	523,0	798,0	552,0	540,0	548,0	556,0	521,0	321,0	251,0	546,0	622,0					
	P3	515,3	500,0	371,0	479,0	500,5	522,0	327,0	320,0	104,0	416,0	506,0					
	P4	100,3	76,7	85,6	84,9	167,0	248,0	232,0	60,8	95,1	40,2	103,4					
Cor verdadeira (FUCAP)	P1	81,4	108,0	80,3	70,4	67,0	103,5	86,3	41,2	40,4	76,6	67,4					
	P2	75,0	100,3	84,4	66,2	70,0	73,8	73,6	48,9	36,4	66,8	58,0					
	P3	69,5	90,7	79,5	102,4	82,6	62,8	56,2	52,3	31,7	55,0	35,4					
	P4	45,3	32,3	36,1	24,9	19,1	13,2	23,7	29,2	18,6	30,3	31,5					
Cor verdadeira (Externo)	P1																
	P2																
	P3																
	P4																
Coliformes Termotolerantes (Externo)	P1																
	P2																
	P3																
	P4																

ANEXO 5

Tabelas de acompanhamento da operação da ETA Rio Negro preenchidas durante a Segunda Etapa de operação desta ETA

		Feb-10					
		18	19	22	24	26	
	Parâmetro	ponto					
Rio Negro	Vazão ETA (L/h)	PFD	67	61	55	37	58
		PFVAC	46	37	29	45	19
		FL	46	8	8	8	8
		FCA	46	7	7	7	7
		Perda de Carga no FL (cm)	FL	90	-	146	130
	pH (FUCAPI)	P1	6,5	5,6	6,4	6,5	6,6
		P2	6,4	6,5	6,4	6,4	6,5
		P3	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5
		P4	6,4	6,3	6,3	6,3	6,4
		P5	8,1	8,1	8,1	8,0	8,1
Turbidez (FUCAPI)	P1	81,4	49,0	16,9	54,3	29,7	
	P2	57,3	42,0	15,6	21,3	27,9	
	P3	13,1	12,5	10,8	10,8	8,2	
	P4	12,5	5,8	6,1	3,7	3,1	
	P5	8,3	2,5	2,3	3,1	2,9	
Cor Aparente (FUCAPI)	P1	180,0	159,6	155,3	150,0	211,0	
	P2	142,7	128,9	129,5	140,1	159,4	
	P3	137,3	117,2	104,7	104,9	98,9	
	P4	113,1	8,3	78,0	77,3	80,6	
	P5	2,0	2,2	0,0	4,2	3,4	
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1	112,7	117,9	111,1	108,4	111,6	
	P2	108,6	110,0	102,0	95,9	83,9	
	P3	100,7	94,6	90,3	86,9	79,2	
	P4	96,3	80,4	79,3	70,4	65,0	
	P5	1,1	1,5	0,0	0,0	0,9	

		Mar-10									
	Parâmetro	ponto	2	5	8	11	15	18	22	25	29
Rio Negro	Vazão ETA (L/h)	PFD	60	60	60	60	60	60	60	60	60
		PFVAC	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		FL	8	8	8	8	20	20	20	20	8
		FCA	7	7	7	7	20	20	20	20	7
	Perda de Carga no FL (cm)	FL	148	148	148	148	29	29	87	87	144
		P1	6,3	5,9	6,4	5,1	5,0	5,1	5,16	5,9	6,2
		P2	6,1	5,9	6,4	5,5	5,4	5,4	5,47	6,1	6,2
		P3	6,1	6,1	6,5	5,9	5,6	5,7	5,7	6,5	6,4
		P4	6,2	6,0	6,4	6,0	5,8	5,6	5,56	6,0	6,1
	pH (FUCAPI)	P5	7,4	7,5	7,6	6,5	6,8	7,0	7,06	6,3	6,3
		P1	49,4	24,6	13,4	26,4	10,3	12,5	24,7	21,2	27,1
P2		27,5	45,5	7,7	7,4	6,8	6,7	14,9	10,4	15,4	
P3		10,6	10,8	7,5	4,2	5,7	5,4	11,7	6,1	13,5	
P4		7,3	8,6	5,2	3,9	3,3	2,7	3,3	2,8	2,6	
Turbidez (FUCAPI)	P5	2,4	2,8	3,2	2,1	2,1	2,1	2,3	2,0	2,1	
	P1	190,0	204,0	146,0	205,0	172,7	180,9	230,0	213,0	236,0	
	P2	152,0	166,0	137,0	150,1	146,4	145,5	172,7	130,2	164,6	
	P3	91,2	143,8	106,7	129,8	141,3	138,4	152,8	118,6	152,8	
	P4	82,2	94,1	79,9	110,8	114,5	118,2	123,5	110,3	113,1	
Cor Aparente (FUCAPI)	P5	2,3	1,3	2,2	6,5	38,4	70,2	81,0	62,1	77,9	
	P1	64,8	133,8	92,8	156,0	122,0	141,0	123,0	136,4	137,9	
	P2	59,3	125,1	87,4	137,7	119,0	127,8	118,0	114,2	123,7	
	P3	40,2	117,6	82,5	114,7	110,8	119,6	112,0	100,0	116,2	
	P4	32,9	86,4	66,2	99,1	105,4	111,6	99,3	100,6	112,4	
Cor verdadeira (FUCAPI)	P5	0,7	0,0	0,0	3,3	28,7	54,1	72,5	45,1	67,8	

Parâmetro	ponto	Abr-10									
		1	6	9	13	16	20	23	27	30	
Rio Negro	Vazão ETA (L/h)	PFD	40	30	30	-	30	40	40	30	
		PFVAC	0	10	20	-	20	18	26	20	
		FL	8	8	8	8	5	4	5	3	4
		FCA	7	7	7	7	5	4	5	3	4
		FL	144	144	144	-	144	144	144	144	144
	pH (FUCAP)	P1	7,3	7,1	6,8	6,7	6,1	5,6	5,5	5,2	5,2
		P2	6,4	6,9	6,1	6,2	5,8	6,0	6,2	5,9	5,9
		P3	6,2	6,8	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1	5,8
		P4	6,3	6,9	5,9	6,3	5,8	5,9	6,2	6,0	5,8
		P5	6,7	7,1	6,2	6,3	6,3	6,2	6,3	6,2	6,1
	Turbidez (FUCAP)	P1	23,5	24,9	31,0	15,3	23,2	24,6	20,7	27,1	16,2
		P2	13,7	11,7	10,9	12,9	11,5	12,9	6,5	5,6	6,1
		P3	11,8	10,5	8,3	12,4	9,9	8,67	6,0	5,5	6,3
		P4	3,7	3,4	2,0	7,56	3,6	4,6	2,3	3,9	3,4
		P5	2,0	2,0	0,0	4,49	1,8	2,1	0,2	1,0	0,2
Cor Aparente (FUCAP)	Cor verdadeira (FUCAP)	P1	211,0	188,2	185,1	169,1	205,0	169,4	195,9	179,4	127,0
		P2	147,6	126,8	117,7	134,5	139,2	129,2	126,7	108,9	122,4
		P3	142,5	126,3	99,6	129,9	122,2	122,7	112,3	99,6	113,1
		P4	103,1	89,6	77,8	89,0	93,9	99,1	92,3	74,5	85,7
		P5	57,1	25,4	24,4	19,7	18,9	11,1	24,2	14,7	17,9
	Cor verdadeira (FUCAP)	P1	126,9	119,8	121,6	115,0	131,7	118,9	132,4	127,1	
		P2	112,0	107,6	96,2	99,0	108,6	104,0	109,8	100,5	
		P3	108,3	103,1	91,8	77,4	101,5	95,6	97,2	76,9	
		P4	94,5	74,7	71,4	65,2	87,0	66,0	80,8	71,8	
		P5	55,2	19,5	18,4	10,5	16,7	9,1	17,4	9,8	

Parâmetro	ponto	May-10						
		4	11	17	19	24	26	31
Vazão ETA (L/h)	PFD	26	35	30	30	30	30	30
	PFVAC	16	19	20	20	20	20	20
	FL	3	2	2	2	2	2	2
	FCA	3	2	2	2	2	2	2
	FL	144	144	144	144	144	144	144
	P1	5,37	5,6	5,3	5,7	5,5	5,9	5,7
	P2	5,93	6,0	6,1	6,3	6,2	6,4	6,3
	P3	6,10	5,9	6,4	6,4	6,3	6,4	6,6
	P4	6,05	6,5	6,2	6,3	6,2	6,3	6,5
	P5	6,35	6,7	6,6	6,8	6,9	7,0	6,7
pH (FUCAPI)	P1	17,8	15,3	19,2	15,6	14,7	19,7	22,7
	P2	7,35	6,0	5,0	5,8	5,9	4,9	6,9
	P3	4,99	4,5	4,9	4,4	4,9	4,0	5,3
	P4	2,55	2,2	2,2	2,7	2,7	2,5	3,5
	P5	0,54	0,8	0,5	0,9	1,5	1,0	1,6
Turbidez (FUCAPI)	P1	162,6	174,2	199,0	164,5	169,7	189,8	206,0
	P2	123,1	120,4	97,8	111,8	121,3	116,8	116,5
	P3	111,3	93,1	108,4	101,5	112,9	111,0	104,5
	P4	78,9	81,0	76,1	67,4	77,7	75,6	75,4
	P5	11,1	7,4	8,5	6,1	4,0	4,2	4,6
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1							129,6
	P2							112,0
	P3							81,0
	P4							65,3
	P5							4,1

		Jun-10				
		2	5	7	9	
	Parâmetro	ponto				
Rio Negro	Vazão ETA Total (L/h)	PFD	40	30	30	30
		PF/VAC	30	20	20	20
		FL	2	2	2	2
		FCA	2	2	2	2
	Perda de Carga no FL (cm)	-	144	144	144	144
		P1	6,6	5,5	6,7	6,3
		P2	7,1	5,9	6,7	6,6
		P3	6,7	6,2	7,1	6,6
		P4	6,5	6,0	6,5	6,4
	pH (FUCAPI)	P5	6,6	6,3	6,8	6,6
		P1	21,3	16,4	18,9	18,9
		P2	10,3	10,9	10,5	10,6
		P3	10,0	9,0	9,8	9,6
		P4	3,6	3,6	4,0	3,8
	Turbidez (FUCAPI)	P5	1,4	1,3	0,5	1,1
		P1	176,5	181,5	189,0	182,3
		P2	139,6	157,9	162,8	153,4
P3		126,9	152,8	143,7	141,1	
P4		66,6	75,7	80,4	74,2	
Cor Aparente (FUCAPI)	P5	2,0	4,8	3,4	3,4	
	P1	129,7	134,9	132,9	132,5	
	P2	126,6	133,0	122,3	127,4	
	P3	117,0	123,7	117,2	119,3	
	P4	65,6	72,0	74,9	70,8	
Cor verdadeira (FUCAPI)	P5	1,6	3,0	0,1	1,6	

ANEXO 6

Tabelas de acompanhamento da operação da ETA Rio Solimões preenchidas durante a Segunda Etapa de operação desta ETA

	Parâmetro	ponto	Mar-10									
			2	5	8	11	15	18	22	25	29	
Rio Solimões	Vazão ETA (L/h)	PFD	56	-				40	40		30	60
		PEVAC	38	-				20	20		40	8
		FL	15	15	15	15	15	15	0	30	60	
	Perda de Carga no FL (cm)	FL	160	128	144	144	144	144	29	35	43	
		P1	7.4	7.8	7.4	7.1	6.6	7.1	7.0	6.8	7.1	
		P2	7.5	7.4	7.2	7.0	6.95	7.0	6.9	6.5	6.7	
		P3	7.3	7.2	7.1	7.0	6.97	7.0	7.0	6.4	6.6	
	pH (FUCAP)	P4	7.1	6.8	6.7	6.6	6.84	7.1	7.0	6.8	6.6	
		P1	208.0	228.0	191.5	155.0	116.0	153.0	157.0	131.0	194.0	
		P2	122.0	124.0	105.2	86.4	59.8	85.6	97.9	62.6	79.3	
		P3	11.0	108.0	89.1	70.1	50.1	59.6	5.1	31.7	41.8	
	Turbidez (FUCAP)	P4	31.6	15.8	14.4	13.0	29.8	22.7	12.1	15.9	12.3	
		P1	447.0	702.0	667.0	632.0	627.3	776.0	712.0	530.0	670.0	
		P2	379.0	539.0	445.5	358.0	233.0	335.0	403.0	233.0	271.0	
		P3	310.0	411.0	373.5	336.0	196.0	252.0	223.0	120.7	172.0	
	Cor Aparente (FUCAP)	P4	203.0	44.8	48.7	52.5	100.4	91.4	32.1	42.0	30.0	
		P1	64.8	139.6	128.6	118.5	112.7	67.2	82.3	33.7	73.8	
		P2	59.3	120.4	87.7	54.9	108.0	69.5	74.1	20.4	41.2	
		P3	40.2	62.4	54.4	46.4	74.6	53.6	43.9	17.5	27.0	
	Cor verdadeira (FUCAP)	P4	32.9	20.0	21.9	23.8	26.3	29.3	12.2	14.2	8.0	

	Parâmetro	ponto	Abr-10											
			1	6	9	13	16	20	23	27	30			
Rio Solimões	Vazão ETA (L/h)	PFD	34	20	30	20	40	3	30	24	28			
		PFVAC	2	10	10	15	20	20	20	20	24			
		FL	34	20	30	23	40	15	15	14	7			
	Perda de Carga no FL (cm)	FL	59	55	85	89	117	136	136	136	138			
		P1	7.0	6.7	7.5	7.3	7.1	7.1	7.5	7.2	7.1			
		P2	6.9	6.9	7.6	7.7	6.1	7.1	7.3	7.1	6.3			
		P3	6.7	7.0	7.4	7.6	6.0	7.2	7.1	7.2	7.2			
	pH (FUCAPI)	P4	7.1	7.1	7.1	7.0	6.3	7.0	7.1	7.1	6.9			
		P1	141.0	134.0	170.0	154.0	136.0	129.0	158.0	136.0	217.0			
		P2	111.0	114.0	69.4	73.0	62.7	56.6	86.2	77.6	109.0			
		P3	57.5	11.8	24.9	60.1	49.7	53.2	69.6	65.0	56.1			
	Turbidez (FUCAPI)	P4	15.7	10.2	5.4	18.9	18.7	13.0	13.2	12.0	4.99			
		P1	616.3	360.0	466.0	527.0	550.0	640.4	434.0	530.0	549.0			
		P2	398.0	367.0	253.0	299.0	258.0	433.0	369.0	323.0	247.0			
		P3	234.0	22.6	66.6	237.0	202.0	396.0	280.0	256.0	224.0			
	Cor Aparente (FUCAPI)	P4	45.3	22.0	12.0	46.6	63.6	71.9	41.3	35.1	16.5			
		P1	41.3	55.7	96.2	101.3	116.3	85.9	82.9	42.1				
		P2	25.8	42.3	23.7	32.0	53.5	51.1	48.1	31.2				
		P3	23.3	26.4	12.4	21.7	36.0	34.6	45.8	24.6				
	Cor verdadeira (FUCAPI)	P4	22.5	16.2	5.1	18.3	28.7	20.5	20.9	20.6				

Parâmetro	ponto	May-10									
		4	13	17	19	21	24	26	31		
Rio Solimões	Vazão ETA (L/h)	PFD	30	30	30	30	30	30	30	0	
		PFVAC	18	20	30	16	20	20	24	0	
		FL	8	6	20	20	20	20	24	20	
	Perda de Carga no FL (cm)	FL	138	138	47	57	59	61	69	35	
		P1	6,1	7,6	7,6	5,0	5,1	7,2	6,9	7,0	
		P2	4,9	6,9	7,1	6,3	7,1	6,7	6,6	6,8	
		P3	6,8	7,0	7,0	6,5	6,8	6,4	6,1	6,7	
	pH (FUCAPI)	P4	6,8	7,0	6,8	6,7	6,8	6,4	6,2	6,7	
		P1	64,1	104,0	100,0	55,6	148,0	92,4	111,0	163,0	
		P2	9,6	77,4	70,0	33,5	81,5	105,0	87,1	72,8	
	Turbidez (FUCAPI)	P3	33,3	7,8	23,6	5,5	7,0	9,4	10,1	10,3	
		P4	2,9	3,1	4,6	3,8	2,1	2,4	2,9	3,8	
		P1	11,3	326,0	357,0	6,4	170,0	277,0	450,0	620,0	
	Cor Aparente (FUCAPI)	P2	2,0	235,0	210,0	7,8	82,8	175,3	235,0	168,0	
		P3	92,6	227	95,0	10,3	12,2	19,6	23,9	24,0	
		P4	11,1	3,6	14,6	7,1	2,6	2,2	8,7	9,9	
	Cor verdadeira (FUCAPI)	P1								52,4	
		P2								26,4	
		P3								18,4	
		P4								8,3	

		Jun-10				
Parâmetro		ponto	2	5	7	9
Rio Negro	Vazão ETA Total (L/h)	PFD	30	30	30	30
		PV/VAC	10	20	20	20
		FL	20	20	20	20
	Perda de Carga no FL (cm)	-	103	112	124	130
	pH (FUCAPI)	P1	7.1	6.8	7.2	7.0
		P2	7.1	6.9	7.0	7.0
		P3	7.1	6.8	7.0	6.9
		P4	6.9	6.7	7.3	7.0
	Turbidez (FUCAPI)	P1	108.0	113.0	94.2	105.1
		P2	89.5	109.0	71.7	90.1
P3		15.9	7.9	11.8	11.9	
P4		2.3	2.4	3.2	2.6	
Cor Aparente (FUCAPI)	P1	176.0	277.0	285.0	246.0	
	P2	151.9	151.9	90.4	131.4	
	P3	20.9	17.7	25.3	25.3	
	P4	9.0	8.1	3.9	3.9	
Cor verdadeira (FUCAPI)	P1	46.2	39.3	37.2	41.6	
	P2	29.1	19.0	5.8	18.0	
	P3	20.4	2.1	3.2	8.6	
	P4	1.9	1.5	2.0	1.8	