



PROJETO CAULIM/KALAMAZON

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA

Volume 2

Capítulo 4.1: Diagnóstico Ambiental da Área de Influência – Meio Físico

ÍNDICE

VOLUME 2

Capítulo 4.1: Diagnóstico Ambiental da Área de Influência – Meio Físico	1
4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA	1
4.1 MEIO FÍSICO	1
4.1.1 Clima e Meteorologia	1
4.1.1.1 Método de Análise	1
4.1.1.2 Elementos do Clima	1
4.1.1.2.1 Padrão Climático Regional.....	6
4.1.1.2.2 Energia solar.....	10
4.1.1.2.3 Temperatura	10
4.1.1.2.4 Regime de chuva	10
4.1.1.2.5 Evapotranspiração potencial	12
4.1.1.2.6 Sistemas atmosféricos atuantes na região amazônica	13
4.1.1.2.6.1 Circulação Geral e Alta da Bolívia	13
4.1.1.2.6.2 El Niño	13
4.1.1.2.6.3 Friagens	16
4.1.1.2.6.4 Linhas de Instabilidade.....	17
4.1.1.2.6.5 Brisa Fluvial	18
4.1.1.2.6.6 Penetração de Sistemas Frontais e organização da convecção na Amazônia.	19
4.1.1.2.7 Padrão Meteorológico Local – Região de Manaus	19
4.1.1.2.7.1 Precipitação	19
4.1.1.2.7.2 Temperatura do Ar	20
4.1.1.2.7.3 Balanço hídrico da Cidade de Manaus	20
4.1.1.2.7.4 Insolação.....	22
4.1.1.2.7.5 Intensidade e Direção do Vento em Manaus.....	22
4.1.2 Qualidade do Ar	24
4.1.2.1 Material Particulado (MP).....	24
4.1.2.2 Compostos Sulfurosos.....	25
4.1.2.3 Óxidos de Nitrogênio	26
4.1.2.4 Padrões de Qualidade do Ar.....	27
4.1.2.5 Informações sobre as Condições Climáticas na Ocasão das Amostragens.....	28

4.1.2.6	Metodologia de Amostragem e Análises	33
4.1.2.7	Parâmetros para Comparação - Background	34
4.1.2.7.1	Metodologia de Coleta - Partículas Totais em Suspensão – PTS	35
4.1.2.7.2	Metodologia Partículas Inaláveis – PI.....	36
4.1.2.7.3	Metodologia para coletas de NO2	36
4.1.2.7.4	Resultados e discussão	37
4.1.2.7.5	Conclusão	37
4.1.3	Simulação e Análise de Trajetórias de Massas de Ar em Manaus Utilizando Modelagem de Dispersão de Poluentes	39
4.1.3.1	Caracterização e localização da área de estudo.....	39
4.1.3.2	Instrumentação e medidas experimentais.....	41
4.1.3.2.1	Descrição do modelo numérico utilizado na simulação das trajetórias	42
4.1.3.2.2	Configuração do modelo	42
4.1.3.2.3	Dados de entrada	43
4.1.3.2.4	Saída do modelo	44
4.1.3.3	Resultados e Discussões.....	44
4.1.3.3.1	Variação sazonal das trajetórias de massas de ar simuladas na área de estudo ..	44
4.1.3.3.2	Distribuição espacial de queimadas nas estações chuvosa e seca local	45
4.1.3.3.3	Tempo de transporte da pluma de poluição entre os sítios experimentais	48
4.1.3.3.4	Densidade de trajetórias e a variação na concentração de poluentes	50
4.1.3.4	Conclusão	52
4.1.4	Diagnóstico de Ruído	55
4.1.4.1.1	Introdução.....	55
4.1.4.2	Metodologia para Área de Estudo Local.....	55
4.1.4.2.1	Diagnóstico de ruído - ÁREA 1 e ÁREA 2	57
4.1.4.2.2	Resultados	63
4.1.4.2.3	Conclusões	70
4.1.5	Geologia e Geomorfologia	70
4.1.5.1	Geologia	70
4.1.5.2	Geomorfologia	75
4.1.5.2.1	Aspectos Geomorfológicos Locais Dentro da Área de Influência do Empreendimento.....	78
4.1.5.2.2	Geologia Estrutural e Compartimentação Tectônica	82
4.1.5.2.3	Aspectos Estruturais e Tectônicos dentro da ADA	83

4.1.6	Pedologia.....	84
4.1.6.1	Caracterização do Solos e sua Resposta Geotécnica.....	87
4.1.6.2	Características Geotécnicas dos Solos na ADA.....	90
4.1.6.3	Adequabilidades.....	95
4.1.7	Recursos Hídricos.....	96
4.1.7.1	Hidrologia.....	96
4.1.7.1.1	Hidrologia Regional.....	96
4.1.7.1.1.1	Gênese da Bacia Amazônica.....	96
4.1.7.1.1.2	Região Hidrográfica.....	98
4.1.7.1.1.3	Recursos Hídricos.....	100
4.1.7.1.1.4	Regime Hidrológico da Bacia Amazônica.....	101
4.1.7.1.2	Hidrologia das Áreas de Estudo.....	106
4.1.7.1.3	Conclusões.....	114
4.1.7.2	Hidrogeologia.....	115
4.1.7.2.1	Contexto Hidrogeológico Regional.....	117
4.1.7.2.2	Contexto Hidrogeológico Local.....	118
4.1.7.2.3	Condicionantes Hidrogeológicos nos Corpos Cauliníticos.....	118
4.1.7.2.3.1	Estruturação dos Depósitos Cauliníticos.....	118
4.1.7.2.3.2	Drenagem e Escoamento Superficial nos Platôs.....	119
4.1.7.2.3.3	Conceituação do Comportamento Local do Aquífero.....	120
4.1.7.2.3.4	Zonas de Recarga e Descarga do Aquífero nos Platôs.....	126
4.1.7.2.3.5	Linhas de Fluxo do Aquífero no Platô.....	127
4.1.7.2.4	Levantamento de Poços Existentes da Região.....	127
4.1.7.2.5	Subsídios para Avaliação Hidrogeológica.....	128
4.1.7.3	Qualidade dos Corpos d' Água.....	168
4.1.7.3.1	Qualificação Físico-Química e Biológica das Águas Superficiais da Área de Influência Direta do Empreendimento.....	168
4.1.7.3.2	Metodologia Adotada (coleta, preservação e análise), dos Parâmetros e dos Pontos de Amostragens.....	169
4.1.7.3.3	Qualificação Físico-Química e Biológica das Águas Subterrâneas da Área de Influência Direta do Empreendimento.....	173
4.1.7.3.4	Situação da Área Diretamente Afetada em Relação aos Corpos Receptores....	174
4.1.7.3.5	Localização Geográfica de Fontes Potenciais Poluidoras, Indicações de suas Possíveis Cargas Contaminantes e Identificação de Áreas Críticas.....	175

4.1.7.3.6	Resultados das Análises das Amostras de Águas Superficiais e Subterrâneas Coletadas na ADA 1	184
4.1.7.3.7	Resultados – Parâmetros Físico-Químicos.....	184
4.1.7.3.8	Resultados – Análise de Metais	187
4.1.7.3.9	Resultados – Parâmetros Microbiológicos.....	190
4.1.7.3.10	Identificação de Pontos de Assoreamento nas Áreas de Influência;.....	191
4.1.7.3.11	Resultados das Análises da Água Coletada da ADA 2	194
4.1.7.3.12	Influência de Atividades Agrícolas e dos Aglomerados Urbanos nas Características da Água.	195
4.1.7.3.13	Fotos dos Locais Onde Foram Feitas Coletas da ADA 1 e ADA 2.	196
4.1.7.3.14	Relatório de Análise de Água.....	208
4.1.7.4	Usos das Águas Superficiais	233
4.1.7.4.1	Caracterização dos Principais Usos na Área de Influência Direta.....	233
4.1.7.4.1.1	Águas Superficiais.....	233
4.1.7.4.1.2	Descrição Sucinta das Bacias hidrográficas nas áreas de Estudo ADA 1 e ADA 2 234	
4.1.7.4.1.3	Usos Múltiplos da Água nas ADA 1 e ADA 2	245
4.1.7.4.2	Caracterização da Inserção dos Usos da Água na Bacia Hidrográfica.	258
4.1.7.4.2.1	Comitê de Bacias do Puraquequara.....	259
4.1.7.4.2.2	Comitê de Bacias do Tarumã-Açu	260
4.1.8	Espeleologia	263
	REFERÊNCIAS	264
	ANEXOS	271

FIGURAS

Figura 4.1.1.2.1-1 - Representação esquemática da circulação geral da atmosfera - CGA, modelo teórico.....	8
Figura 4.1.1.2.1-2 - Principais massas de ar no Brasil, massa de ar quente úmido domina a região Norte.....	9
Figura 4.1.1.2.4-1 - Distribuição de precipitação na Amazônia.....	11
Figura 4.1.1.2.6.2-1 - O fenômeno climático El Niño.....	15
Figura 4.1.1.2.7.4-1 - Média mensal do número de horas de insolação na Cidade de Manaus durante o período de 1931 a 1990, mostrando pico de insolação nos meses de julho a agosto.	22
Figura 4.1.2.5-1 - Valores de precipitação (mm)	29
Figura 4.1.2.5-2 - Valores de direção do vento (grau).	29
Figura 4.1.2.5-3 - valores de velocidade do vento (m/s).....	30
Figura 4.1.2.5-4 - Valores de temperatura (C).	30
Figura 4.1.2.5-5 - Valores de temperatura (C).	31
Figura 4.1.2.5-6 - Valores de direção do vento (grau)	31
Figura 4.1.2.5-7 - Valores de velocidade do vento (m/s)	32
Figura 4.1.2.5-8 - Valores de precipitação (m/m)	32
Figura 4.1.2.5-9 - Valores de umidade (%).	33
Figura 4.1.2.7.1-1 – Modelo de funcionamento de AVG TPS.....	36
Figura 4.1.3.1-1 – Mapa de localização geográfica da área de estudo. A torre micrometeorológica instalada na Reserva Florestal do Rio Cuieiras (K34) foi utilizada na determinação dos valores meteorológicos típicos encontrados na área de estudo. Os dados foram gerados como parte do programa LBA /INPA.....	41
Figura 4.1.3.3.1-1 – Mostra a variação anual das trajetórias de massas de ar na região da área de estudo. Os resultados são representativos das estações chuvosa (Fev-Abr/2014) e seca local (Set-Abr/2014).....	45
Figura 4.1.3.3.2-1 – mostra a variação do número de focos de queimadas ao longo do ano, nas porções norte e central do Brasil, incluindo região do arco do desmatamento. Os resultados são representativos das estações chuvosa (Fev-Abr/2014) e seca local (Set-Abr/2014).....	47
Figura 4.1.3.3.3-1 – mostra a variação anual das trajetórias de massas de ar na região da área de estudo. Os resultados são representativos das estações chuvosa (Fev-Abr/2014) e seca local (Set-Abr/2014).....	49

Figura 4.1.3.3.3-2 – mostra a distribuição horária do número de trajetórias observadas em cada sítio experimental (a) e a distribuição do tempo de transporte das massas de ar entre os sítios T0e, vento acima da cidade de Manaus e T3 (Manacapuru), vento abaixo da cidade (b). No painel superior (a) as linhas azul e vermelha representam respectivamente a distribuição horária das trajetórias nos sítios T0e e T3.	49
Figura 4.1.3.3.4-1 – mostra a variação anual das densidades de trajetórias de massas de ar na região de estudo. Os resultados mostrados nos painéis (a), (b) e (c) são as médias encontradas durante o ano de 2014 (a) e durante meses representativos das estações: chuvosa (b) e seca local (c). As iniciais T0a (ATTO), T0z (K34) e T0e (EMBRAPA) indicam os sítios experimentais de medidas atmosféricas vento acima da cidade de Manaus. T2 e T3 representam no mapa os sítios vento abaixo da cidade de Manaus (T1). Nos demais painéis (b) e (c), os pontos brancos representam os mesmos sítios indicados em (a).	51
Figura 4.1.4.2.1-1 - Imagem de localização dos pontos da medição.....	60
Figura 4.1.4.2.1-2 - Localização dos pontos da medição em mapa.....	61
Figura 4.1.3.1-1 – Localização das áreas de pesquisa no contexto geológico regional.	71
Figura 4.1.3.1-2 – Coluna estratigráfica da bacia do Amazonas.....	72
Figura 4.1.3.1-3 – Perfil litológico da Formação Alter do Chão na rodovia AM-010 / km 198.	73
Figura 4.1.3.1-4 – (a) Classificação de Arenitos terrígenos (modificado de Dott 1964) e (b) diagrama de classificação de arenitos feldspáticos.....	74
Figura 4.1.3.2-1 – Mapa do modelo digital do terreno.....	76
Figura 4.1.3.2-2 – Mapa Geomorfológico da região da pesquisa.....	77
Figura 4.1.3.2.1-1 - Mapa de compartimentação topográfica.	78
Figura 4.1.3.2.1-2 - Exemplo de aplicação das caixas de infiltração em estrada rural ou vicinal.	81
Figura 4.1.3.2.2-1 - Estruturas neotectônicas maiores do leste do Amazonas	82
Figura 4.1.4-1 - Sumário de texturas, estruturas e litologias, no Perfil de Solo e Saprolito. ...	86
Figura 4.1.4-2 – Corte de estrada na Rodovia AM-010 – do topo para a base: horizonte de latossolo (LS) zona mosqueada (MZ) e zona pálida (PZ).	86
Figura 4.1.5.1.1.2-1 – Bacia Hidrográfica Amazônica.....	99
Figura 4.1.5.1.2-1 - Localização das Áreas 1 e 2 em relação as bacias do Tarumã-Açu e Puraquequara.	107
Figura 4.1.5.1.2-2 - Cursos d’água que entrecortam a AEL 1 e a ADA 1.	108
Figura 4.1.5.1.2-3 - Método para a ordem dos rios.	110

Figura 4.1.5.2-1 - Área do empreendimento com relação aos Poços existentes, utilizados como dados secundários.....	116
Figura 4.1.5.2-2 - Área do empreendimento com relação aos Poços existentes, produzido a partir de imagem de satélite.....	117
Figura 4.1.5.2.3.3-1- Sumário de Texturas, Estruturas e Litologias no Perfil de Solo e Saprolito.	121
Figura 4.1.5.2.3.3-2 - Corte de estrada na Rodovia AM-010, do topo para a base: horizonte de latossolo (LS) zona mosqueada (MZ) e zona pálida (PZ).	121
Figura 4.1.5.2.3.5-1 - Mapa Hidrogeológico da direção preferencial do fluxo das águas subterrâneas.	127
Figura 4.1.5.2.5-1 – Planta de localização com as coordenadas geográficas dos poços 01 e 02.	130
Figura 4.1.5.2.5-2 – Planta de localização com detalhamento da topografia por curvas de nível.	131
Figura 4.1.5.2.5-3 - Localização da cidade de Manaus e da área de pesquisa em relação às bacias hidrográficas do Tarumã-Açu e do Puraquequara.....	134
Figura 4.1.5.2.5-4 - Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu.....	135
Figura 4.1.5.2.5-5 - Situação atual da ocupação antrópica da área de situação do poço do projeto com ocupação do solo exclusivamente para fins residenciais.....	137
Figura 4.1.5.2.5-6 - Planta e seção geológicas da porção SW-NE da cidade de Manaus.	138
Figura 4.1.5.2.5-7 - Áreas de afloramento das formações Içá, Solimões e Alter do Chão, nas bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas.....	142
Figura 4.1.5.2.5-8 - Detalhes Construtivos do poço-fonte Tarumã. Elaborada a partir dos constantes no Relatório Final de Pesquisa da empresa executora.	158
Figura 4.1.5.2.5-9 - Descrição dos Parâmetros e Valores Orientadores para aplicação da Metodologia GOD.	162
Figura 4.1.5.2.5-10 – Parâmetros utilizados na definição do perímetro de proteção da	163
Figura 4.1.5.2.5-11 - A <i>zona de Influência</i> foi delimitada para um dia de bombeamento contínuo, tendo um raio de 2,73 m.	166
Figura 4.1.5.2.5-12 – <i>Zona de transporte</i> ou captura da captação para as isócranas de 1 mês (1m), 2 meses (2m), 4 meses (4m) e 1 ano (1a).	167
Figura 4.1.5.2.5-13 - Exemplo de um poço profundo em Manaus.....	168
Figura 4.1.5.3.5-1 – PONTO 1 - Coleta de Água.....	177
Figura 4.1.5.3.5-2 - Ponto 2 – Coleta de Água.....	178

Figura 4.1.5.3.5-3 - Ponto 3 – Coleta de Água.....	179
Figura 4.1.5.3.5-4 - Igarapé do Tancredo.....	180
Figura 4.1.5.3.5-5 - Ponto 5 – Coleta de Água.....	181
Figura 4.1.5.3.5-6 - Ponto 5 – Coleta de Água.....	182
Figura 4.1.5.3.5-7 - Ponto 6 – Coleta de Água.....	183
Figura 4.1.5.3.10-1 - Trecho de igarapé assoreado na região a ADA 1.....	191
Figura 4.1.5.4.1.1-1 - Uso Múltiplo da Água.....	233
Figura 4.1.5.4.1.2-1 - Localização das ADAs 1 e 2.....	235
Figura 4.1.5.4.1.2-2 - Mapa da ADA 1.....	236
Figura 4.1.5.4.1.2-3 - Mapa de localização da ADA 2.....	238
Figura 4.1.5.4.1.2-4 - Mapa com a apresentação das duas bacias hidrográficas em relação às ADA 1 e ADA 2.....	239
Figura 4.1.5.4.1.2-5 - Localização da Bacia do Puraquequara.....	240
Figura 4.1.5.4.1.2-6 - Mapa Localização da Bacia do Puraquequara em Manaus.....	241
Figura 4.1.5.4.1.2-7 - Mapa Localização da Bacia do Tarumã em Manaus.....	242
Figura 4.1.5.4.1.2-8 - Mapa Localização da Bacia do Tarumã em Manaus.....	242
Figura 4.1.5.4.1.2-9 - Ordenamento de canais na bacia do Tarumã-Açu.....	243
Figura 4.1.5.4.1.2-10 - Mapa da declividade do Puraquequara.....	244
Figura 4.1.5.4.1.2-11 - Mapa da declividade do Tarumã Açu.....	244
Figura 4.1.5.4.1.3-1 - Uso da Água Ramal do Areal.....	247
Figura 4.1.5.4.1.3-2 - Uso da Água Ramal do Areal.....	248
Figura 4.1.5.4.1.3-3 - Uso da Água Ramal do Areal.....	249
Figura 4.1.5.4.1.3-4 - Uso da Água Ramal do Areal.....	250
Figura 4.1.5.4.1.3-5 - Uso da Água Ramal do Areal.....	251
Figura 4.1.5.4.1.3-6 - Uso da Água Ramal da União.....	252
Figura 4.1.5.4.1.3-7 - Usos da Água - Ramal da União.....	253
Figura 4.1.5.4.1.3-8 - Usos da Água Ramal da União.....	254
Figura 4.1.5.4.1.3-9 - Usos Da Água Ramal Da União.....	255

Figura 4.1.5.4.1.3-10 - Usos da Água nas Proximidades da Am-10.	256
Figura 4.1.5.4.1.3-11 - Usos da Água nas Proximidades da Am-10.	257

QUADROS

Quadro 4.1.2.6-1 - Métodos de Grandes Volumes para Poluentes Atmosféricos.	34
Quadro 4.1.2.7-1 - Localização dos pontos de coleta de material particulado.	35
Quadro 4.1.2.9.1-1 – Identificação e localização dos pontos.	61
Quadro 4.1.5.1.2-1 – Dados sobre as vazões calculadas nos principais igarapés da ADA.	111
Quadro 4.1.5.2.3.3-1 - Resultado da sondagem executada no local de interesse.	122
Quadro 4.1.5.2.3.3-2 - Resultado da sondagem executada no local de interesse.	123
Quadro 4.1.5.2.3.3-3 - Resultado da sondagem executada no local de interesse.	123
Quadro 4.1.5.2.3.3-4 - Resultado dos furos de sondagem da área do DIVINO (Área 1 do projeto) até atingir o LENÇOL FREÁTICO.	124
Quadro 4.1.5.2.3.3-5 - Resultado dos furos de sondagem da área do BETO (Área 2 do projeto) até atingir o LENÇOL FREÁTICO.	125
Tabela 4.1.5.2.5-1 – Dados numéricos do Ensaio no Poço de Bombeamento	151
Quadro 4.1.5.2.5-2 - Valores de trabalho do poço Fonte.	154
Quadro 4.1.5.2.5-3 – Valores numéricos do teste de bombeamento no poço de observação.	154
Quadro 4.1.5.3.2-1 - Parâmetros e forma de preservação das amostras.	172
Quadro 4.1.5.3.4-1 – Produção das Granjas.	174
Quadro 4.1.5.3.5-1 - Cadeia de custódia – Coletas de amostras THT AMBIENTAL LTDA., coletadas em 01/11/2015.	176

TABELAS

Tabela 4.1.2.4-1 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90).....	28
Tabela 4.1.2.4-2 - Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90).....	28
Tabela 4.1.2.7.4-1 - Resultados de concentração dos parâmetros avaliados.....	37
Tabela 4.1.2.9.1-1 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)	63
Tabela 4.1.2.9.2-1 – Ruídos Médios – diurno e noturno	69
Tabela 4.1.5.2.5-1 - Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas do Tarumã-Açu e Puraquequara no município de Manaus	135
Tabela 4.1.5.2.5-2 - Balanço Hídrico do Aquífero Alter do Chão	136
Tabela 4.1.5.2.5-3 – Análise granulométrica do sedimento do aquífero captado	147
Tabela 4.1.5.2.5-4 – Características hidrogeológicas.....	155
Tabela 4.1.5.2.5-5 - Ensaio de Bombeamento.....	159
Tabela 4.1.5.2.5-6 - Classificação textural, permeabilidade intrínseca e condutividade hidráulica	164
Tabela 4.1.5.2.5-7 - Síntese das informações hidrogeológicas, hidrodinâmicas e granulométricas.	165
Tabela 4.1.5.3.7-1 - Ponto 1 – Ponte Igarapé Leão – Parâmetros Físico-Químicos.....	184
Tabela 4.1.5.3.7-2 - Ponto 2 – Sítio Sr. Francisco– Parâmetros Físico-Químicos	185
Tabela 4.1.5.3.7-3 - Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo – Parâmetros Físico-Químicos	185
Tabela 4.1.5.3.7-4 - Ponto 4 – Ponte Igarapé – Parâmetros Físico-Químicos.....	186
Tabela 4.1.5.3.7-5 - Ponto 5 – Sr. Otacílio – À Montante De Pequeno Balneário– Parâmetros Físico-Químicos	186
Tabela 4.1.5.3.7-6 - Ponto 6 – Sítio Sr. ANTÔNIO Local Onde Tem Lago E Roda D’água. – Parâmetros Físico-Químicos.....	187
Tabela 4.1.5.3.8-1 - Ponto 1 – Ponte Igarapé Leão / Análise De Metais	187
Tabela 4.1.5.3.8-2 - Ponto 2 – Sítio Sr. Francisco / Análise De Metais.....	188
Tabela 4.1.5.3.8-3 - Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo Água De Poço / Análise De Metais	188

Tabela 4.1.5.3.8-4 - Ponto 4 – Ponte Igarapé Ramal União / Análise De Metais	188
Tabela 4.1.5.3.8-5 - Ponto 5 – Sítio do Sr. Otacílio a Montante de Peq Balneário / Análise de Metais	189
Tabela 4.1.5.3.8-6 - Ponto 6 – Sítio Do Sr. Antônio Local onde tem Lago e Roda D’água / Análise de Metais	189
Tabela 4.1.5.3.9-1 - Ponto 1 – Ponte Igarapé Leão	190
Tabela 4.1.5.3.9-2 - Ponto 2 – Sítio Sr. Francisco.....	190
Tabela 4.1.5.3.9-3 - Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo	190
Tabela 4.1.5.3.9-4 - Ponto 4 – Ponte Igarapé	190
Tabela 4.1.5.3.9-5 - Ponto 5 – Sítio Sr. Otacílio – A Montante De Peq. Balneário.....	190
Tabela 4.1.5.3.9-6 - Ponto 6 – Sítio Sr. Antônio – Local Onde Tem Lago E Roda D’água ..	191
Tabela 4.1.5.3.11-1 – Coletas de Amostras THT Ambiental Ltda. Coletadas em 12/11/2015	194
Tabela 4.1.5.3.11-2 - Resultados – Área 2 Ponto 1 – Igarapé ADA 2 – Parâmetros Físico-Químicos.....	194
Tabela 4.1.5.3.11-3 - Ponto 1 – Igarapé Ada 2 / Análise De Metais.....	195
Tabela 4.1.5.4.1.2-1 - Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas do Tarumã-Açu e Puraquequara	245

GRÁFICOS

Gráfico 4.1.1.2.7.1-1 - Distribuição pluviométrica na Cidade de Manaus, com destaque que o regime de precipitação tem flutuação de estação seca a chuvosa.....	19
Gráfico 4.1.1.2.7.2-1 - Distribuição da temperatura média mensal durante os anos de 1931 a 1990, os meses mais quentes se destacam no trimestre agosto/setembro/outubro.....	20
Gráfico 4.1.1.2.7.3-1 - Balanço hídrico na Cidade de Manaus no período de 1931 a 1960 com as diferenças entre os períodos chuvoso e seco.....	21
Gráfico 4.1.1.2.7.3-2 - Evaporação média mensal na Cidade de Manaus nos anos entre 1931 a 1990 indicando as máximas de evaporação ocorrem nos meses mais secos do ano.	21
Gráfico 4.1.1.2.7.3-3 - Humidade relativa do ar (%) média mensal na Cidade de Manaus durante os anos 1931 a 1990 mostra umidade acima de 80% no primeiro trimestre do ano.	22
Gráfico 4.1.1.2.7.5-1 - Direção e velocidade do vento na Cidade de Manaus, dados obtidos na estação meteorológica de superfície do aeroporto Eduardo Gomes, em Manaus.	23
Gráfico 4.1.4.2.2-1 – Resultados da avaliação do ruído no Ponto 1 – Diurno.....	63
Gráfico 4.1.4.2.2-2 - Medição de ruído no ponto P1 (Noturno).....	64
Gráfico 4.1.4.2.2-3 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído no Ponto 2 – diurno.	65
Gráfico 4.1.4.2.2-4 - Resultados da avaliação de ruído no ponto P2 (Noturno).	66
Gráfico 4.1.4.2.2-5 – Resultados da avaliação do ruído no Ponto 3 (diurno).	66
Gráfico 4.1.4.2.2-6 – Resultados da avaliação do ruído no Ponto 3 (noturno).	67
Gráfico 4.1.4.2.2-7 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído no Ponto 4 (diurno).....	68
Gráfico 4.1.2.9.2-8 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído no Ponto 4 (noturno).....	69
Gráfico 4.1.4.2.2-9 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído na área 2 (diurno).....	69
Gráfico 4.1.7.1.1.4-1 - Cotograma com as cheias e vazantes observados em Manaus no período de 1902 a 2014.....	102
Gráfico 4.1.5.1.2-12 – Regime de chuva em médias mensais com séries de dados de 1971 a 2009.....	113
Gráfico 4.1.5.2.5-1 – Média das temperaturas mês a mês (25°C) e das precipitações (mm) em Manaus.	132
Gráfico 4.1.5.2.5-2 - Variação do pH nas estações de coleta dos igarapés do Mindu e Quarenta nos períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) de 1997 e 1998	139

Gráfico 4.1.5.2.5-3 - Variação dos teores de sólidos totais em suspensão nos igarapés Mindu e Quarenta nos períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) de 1997 e 1998.	140
Gráfico 4.1.5.2.5-4 - Variação do oxigênio dissolvido nos igarapés Mindu e Quarenta nos períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) de 1997 e 1998.....	141
Gráfico 4.1.5.2.5-5 - Localização geográfica da Seção geológica Manaus.....	144
Gráfico 4.1.5.2.5-6 - Curva granulométrica acumulativa dos sedimentos do aquífero captado.	148
Gráfico 4.1.5.2.5-7 – Evolução do cone de rebaixamento com o tempo de bombeamento (poço de bombeamento) em diagrama semilogaritmico.....	153
Gráfico 4.1.5.2.5-8 – Diagrama da evolução do cone de rebaixamento com o tempo (poço de bombeamento).	153
Gráfico 4.1.5.2.5-9 – Evolução do cone de recuperação com o tempo do poço (poço de bombeamento) em diagrama semilogaritmico.	153

FOTOS

Foto 4.1.4.2.1-1 - Tipo do decibelímetro digital.	59
Foto 4.1.4.2.1-2 - Decibelímetro digital.	60
Foto 4.1.4.2.2-1 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P1(Diurno)...	64
Foto 4.1.4.2.2-2 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P2 (Diurno)..	65
Foto 4.1.4.2.2-3 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P3 (diurno)..	67
Foto 4.1.2.9.2-4 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P4 (diurno)..	68
Foto 4.1.5.2.1-1 - Igarapé fluindo por sobre a ponte devido ao assoreamento do leito.	79
Foto 4.1.5.2.1-2 - Igarapé assoreado.	80
Foto 4.1.5.2.1-3 - Manutenção da estrada, fonte de material para assoreamento dos igarapés.	80
Foto 4.1.3.2.1-4 - Igarapé assoreado (área de nascente do ig. do Leão).	81
Foto 4.1.5.2.3-1 - Vale de abatimento. Bom local para hospedar uma bacia de decantação. ..	84
Foto 4.1.5.2.3-2 - Vale de abatimento	84
Foto 4.1.6.1-1 - Perfil típico de Latossolo Amarelo (Manaus).....	88
Foto 4.1.6.1-2 - Perfil típico de Espodossolo (Rio Preto da Eva).	90
Foto 4.1.6.2-1 - Perfil de latossolo em corte de estrada vicinal no interior da área.	90
Foto 4.1.6.2-2 - Perfil de latossolo em corte de estrada vicinal no interior da área.	91
Foto 4.1.6.2-3 - Ocorrência de espodossolo.	91
Foto 4.1.6.2-4 - Perfil de espodossolo em área objeto de lavra de areia no passado.	92
Foto 4.1.6.2-5 - Ocorrência de espodossolo em área de lavra de areia no passado.....	92
Foto 4.1.6.2-6 - Sulco de erosão em latossolo como consequência da concentração de fluxo d'água.	93
Foto 4.1.6.2-7 - Ravinamento em talude de latossolo em consequência da concentração de fluxo de água.....	93
Foto 4.1.6.2-8 - Latossolo com talude subvertical em corte de estrada no interior da área de implantação do empreendimento.....	94
Foto 4.1.6.2-9 - Talude subvertical em latossolo na rodovia AM-010.....	94
Foto 4.1.5.1.1.4-1 – Imagem das ilhas do Rio Negro.....	104

Foto 4.1.5.1.2-1 - Igarapé do Leão transpondo ramal do Areal (Ponto 1).	111
Foto 4.1.5.1.2-2 – Igarapé 1 cruzando o ramal da União (Ponto 2).	111
Foto 4.1.5.1.2-3 – Igarapé 2 cruzando o ramal da União (Ponto 3).	112
Foto 4.1.5.1.2-4 - Igarapé 2ª. ordem cruzando o final do ramal da União (Ponto 4).	112
Foto 4.1.5.1.2-5 - Igarapés 1 e 2 - Ramal São Francisco (Pontos 5 e 6).	112
Foto 4.1.5.1.2-6 - Área alagada logo após uma chuva torrencial, o efeito de subida e descida do nível é quase imediato, a biota está adaptada a este tipo de flutuação hidrológica.	114
Foto 4.1.5.2.5-1 - Teste de bombeamento, método de descarga livre em tubo horizontal.	150
Foto 4.1.5.2.5-2 - Teste de bombeamento – Equipamento utilizado.....	150
Foto 4.1.5.2.5-3 - Leitura de nível e rebaixamento.	150
Foto 4.1.5.2.5-4 - Final de tubulação em filtro.....	160
Foto 4.1.5.2.5-5 - Lama de adsorção.	160
Foto 4.1.5.2.5-6 - Nível estático.	161
Foto 4.1.5.2.5-7 - Parede interna com detalhe das ranhuras.....	161
Foto 4.1.5.3.10-1 - Fotografias de igarapé assoreado na região a ADA 1	192
Foto 4.1.5.3.10-2 - Fotografias de igarapé assoreado na região a ADA 1	192
Foto 4.1.5.3.10-3 – Assoreamento no igarapé do Leão (ADA 1).....	193
Foto 4.1.5.3.10-4 – Assoreamento no Igarapé 1 cruzando o ramal da União (ADA 1).	193
Foto 4.1.5.3.10-5 – Assoreamento no Igarapé 2 cruzando o ramal da União (ADA 1).	194
Foto 4.1.5.3.13-1 – Região de nascente do igarapé de 1ª ordem da ADA 2.	206
Foto 4.1.5.3.13-2 – Igarapé de 1ª ordem da ADA 2.....	207

Capítulo 4.1: Diagnóstico Ambiental da Área de Influência – Meio Físico

4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

4.1 MEIO FÍSICO

4.1.1 Clima e Meteorologia

4.1.1.1 Método de Análise

Executado a partir de levantamento de documentos de referências em publicações científicas e de dados secundários dos órgãos oficiais correlatos com o tema da climatologia e meteorologia da região amazônica. Seguindo ainda os preceitos do conceito das "Normais Climatológicas" que são obtidas através do cálculo das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), destacando que essas variáveis se referem aos períodos padronizados de 30 (trinta) anos, sucessivamente, de 1901 a 1930, 1931 a 1960 e 1961 a 1990. Porém, no Brasil, somente a partir de 1910 a atividade de observação meteorológica passou a ser feita de forma sistemática, o primeiro período padrão possível de ser calculado foi o de 1931 a 1960.

Para a Organização Meteorológica Mundial (OMM) o clima é o conjunto flutuante das condições atmosféricas, caracterizado pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo (mínimo 30 anos) para um domínio espacial determinado.

4.1.1.2 Elementos do Clima

São todos os elementos que permitem caracterizar o clima de uma determinada região. De entre os principais elementos do clima referem-se: a temperatura, a humidade atmosférica, a precipitação, nebulosidade, a insolação, a pressão atmosférica e o vento.

Todos estes elementos variam com os fatores do clima que influenciam as condições climáticas. Os fatores do clima são a latitude, a proximidade do mar, a continentalidade, a exposição geográfica das vertentes, as correntes marítimas e a altitude.

A insolação é a quantidade de energia solar que atinge uma unidade de área da Terra, ou seja, o número de horas de sol descoberto acima do horizonte varia conforme a região. Exprime-se em horas por dia, mês ou ano. Assim, podemos concluir que quanto for a duração da insolação, maior será a quantidade de energia recebida à superfície terrestre.

O Sol emite uma grande quantidade de energia sob a forma de radiação (radiação solar): Energia emitida pelo sol. A insolação é a quantidade dessa radiação solar direta que incide num elemento com uma determinada área colocado numa posição horizontal e a um nível conhecido. A quantidade de radiação solar recebida num dado lugar varia com a latitude e a inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de órbita. É devido à inclinação do eixo da Terra em relação ao seu plano de órbita que se deve a diferença entre os dias e as noites e as estações do ano.

A duração da insolação é determinante da variação da radiação solar à superfície da Terra. Como as nuvens absorvem, refletem e difundem uma grande parte da radiação solar, quanto maior for a duração da insolação, menor será a quantidade de radiação solar perdida na atmosfera e maior será, portanto, a quantidade de energia recebida na superfície terrestre.

A Temperatura é o grau de aquecimento do ar num dado momento. Traduz a sensação de calor ou frio sentido pelo corpo humano e baseiam-se no princípio de que muitas substâncias se dilatam quando submetidas a uma elevação da temperatura. Estas indicam a quantidade de calor ou frio que faz numa região. Está intimamente relacionada com a radiação solar que alcança a superfície terrestre. O número de horas de Sol e a quantidade de energia solar recebida em cada região ou local influencia, diretamente, a temperatura. A temperatura encontra-se desigualmente distribuída à superfície da Terra, pois os valores de temperatura variam de lugar para lugar e ao longo do ao longo do dia e do ano, num mesmo lugar devido à forma redonda da terra, à inclinação do eixo terrestre, ao movimento de rotação da Terra e ao movimento de translação que o nosso planeta executa em torno do Sol. No Equador, mais calor, menor atmosfera. Nos polos, menos calor, maior atmosfera.

A temperatura mede-se com termómetros, os quais expressam a temperatura em graus centígrados ou Celsius (°C). No caso da água pura o seu ponto de congelação é atingido aos 0° C e o ponto de ebulição aos 100° C. Também existe a escala de Fahrenheit em que o ponto de congelação da água é aos 32° F e o de ebulição aos 212° F. Distinguem-se assim os climas frios de quentes.

Os termómetros mais utilizados são os de líquido em vidro, geralmente de mercúrio ou de álcool etílico. Para que a leitura da temperatura do ar seja representativa, os termómetros devem estar protegidos da radiação solar direta a uma altura acima do nível do solo compreendida entre um e dois metros. A escala de temperatura internacionalmente adoptada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) é a escala de graus Celsius (°C). Para fazer o seu estudo determinamos os valores de temperatura máxima e mínima. Para se estudar o comportamento e variação da temperatura, faz-se registos diários, que podem ser usados para calcular a temperatura média (soma dos valores de temperatura registados a dividir pelo número de registos) e a amplitude térmica (diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima registadas). Esses registos são feitos em estações meteorológicas. Os cálculos da temperatura podem ser feitos para um dia (diurnos), para um mês (mensais) ou para um ano (anuais).

Evaporação da água é fundamental para o clima, pois ela está diretamente relacionada com a formação das chuvas. A evaporação ocorre quando um líquido é aquecido através da ação do Sol ou de outro fator como, por exemplo, o aquecimento de água num fogão doméstico. A água que evapora dos rios, lagos, oceanos e até do nosso corpo, ao atingir determinada temperatura, que varia de acordo com o líquido, ocorre a transformação em vapor de água. Este vapor de água, que é invisível, mistura-se com o ar da atmosfera. Quando a temperatura baixa, o vapor de água volta ao formato líquido (condensação) e cai através de chuvas.

Evapotranspiração é a quantidade de água que se evapora diretamente de seu estado líquido ou sólido, mas a que se evapora dos seres vivos, das plantas especialmente. A energia disponível para produzir a evapotranspiração não é constante, pois varia de acordo com as horas do dia e com as estações do ano.

Deve-se ter em conta que a evaporação depende de dois fatores: por um lado da energia disponível para evaporar água e por outro a quantidade de água disponível. Desta maneira é possível que a energia seja maior que a quantidade de água, produzindo-se uma diferença entre a evapotranspiração real (a que efetivamente se produz) e a evapotranspiração potencial (a que se poderia produzir se existisse água suficiente para toda a energia disponível).

Nebulosidade definida como a concentração de nuvens que tem um efeito de barreira sobre a luz solar, ou seja, o número de dias por ano em que o céu está cheio de nuvens. A nebulosidade está inter-relacionada a evaporação, esta é importante para a formação das chuvas.

A nebulosidade é também um fator do clima, pois as nuvens não deixam passar todos os raios solares refletidos pela superfície da terra e diminui a quantidade de calor que a crosta terrestre perde por irradiações. É por este motivo que nos dias de muita nebulosidade não faz tanto frio como nos dias com luz do sol.

Humidade do ar é a quantidade de vapor de água existente numa dada unidade de volume de ar, varia de um lugar para outro e até num mesmo lugar, dependendo do dia, do mês ou da estação do ano. Quanto mais elevada for a temperatura, maior será a humidade do ar e vice-versa. A sua medição é muito importante, devido à sua ação sobre a temperatura do ar e sobre a velocidade da evaporação da água à superfície do solo. Por outro lado, a condensação do vapor de água existente na atmosfera pode dar origem a diversos fenómenos meteorológicos como, por exemplo: o nevoeiro, a chuva, o granizo, etc.

Constituindo importante variável meteorológica, ao lado da temperatura, pode ser considerada em números absolutos (g/m^3) ou relativamente ao seu ponto de saturação, ou seja, à capacidade máxima da atmosfera em reter a humidade.

Precipitação é indicada pela quantidade de água que cai num determinado lugar da superfície da Terra, no estado líquido ou sólido e resulta da condensação do vapor de água que existe na atmosfera. A precipitação pode ter a forma de: chuva, chuvisco, neve, granizo, saraiva, nevoeiro, neblina, orvalho, geada ou friagem. A abundância ou escassez de precipitações distingue climas húmidos, secos e áridos.

Quando as gotículas de água das nuvens se juntam umas às outras, aumentam de volume e peso, vencem a resistência do ar e caem sob a forma de **chuva**.

Quando a condensação do vapor de água ocorre a temperaturas inferiores a zero e mais ou menos lentamente, formam-se cristais de gelo, que ao caírem para o solo, se vão juntando uns aos outros, formando flocos aveludados que é a **neve** (temperaturas negativas em todo o seu trajeto). Por vezes, as gotas de água são arrastadas por correntes de ar ascendentes, para níveis altos da atmosfera, onde a temperatura é negativa; essas gotas solidificam rapidamente, transformando-se em grãos de gelo que é o **granizo**.

Para se medir a quantidade de precipitação caída por unidade de superfície, durante certo intervalo de tempo, utiliza-se um odômetro ou pluviômetro. Este instrumento é constituído por um funil colocado sobre um recipiente cilíndrico fixo a um suporte. O funil tem uma boca

circular, de diâmetro conhecido e horizontal. A chuva que cai através desta abertura é recolhida num recipiente colocado dentro do cilindro. A quantidade de precipitação que se encontra no recipiente é medida em intervalos de tempo regulares. A determinação da quantidade de precipitação recolhida no odômetro faz-se recorrendo a uma escala graduada, geralmente em milímetros. A medição exprime-se em milímetros de altura (mm) ou em litros por metro quadrado (l/m^2). A cada litro por metro quadrado corresponde a um milímetro de altura.

A precipitação mensal obtém-se a partir da soma do volume de água caída durante todos os dias de um mês. Do mesmo modo, a precipitação total anual resulta da soma do volume de água caída ao longo dos meses do ano.

A **pressão** atmosférica é a força exercida pela atmosfera sobre a superfície da Terra. O seu valor expressa-se em milibar (mb) ou em hectopascal (hp) e varia em sentido inverso ao da altitude, temperatura e humidade.

O valor normal da pressão atmosférica é de 1013 mb ou 1013 hp. No entanto o valor da pressão varia por influência de dois fatores principais: temperatura e altitude.

A **temperatura** constitui um dos principais fatores de variação da pressão atmosférica. Quando o ar arrefece, a pressão atmosférica é mais elevada. Quando a temperatura aumenta, a pressão atmosférica é menor (o ar quente é mais leve e sobe, diminuindo a pressão; o ar frio é mais pesado e desce, aumentando a pressão).

A pressão atmosférica também varia com a **altitude** (a pressão diminui com a altitude pois diminui a coluna de ar atmosférico sobre um lugar). Assim, quando a altitude é baixa, a pressão do ar é elevada. Por outro lado, quando a altitude é elevada, a pressão atmosférica é mais baixa. Por isto, costuma-se dizer que na montanha o ar é mais “rarefeito” ou mais “leve” (densidade é menor).

Para além destes pode haver outros fatores a influenciar o valor da pressão atmosférica.

O peso do ar sobre a superfície da terra calcula-se medindo a pressão em cm^2 da superfície terrestre, de uma coluna de ar – **Barômetro**. O valor médio da pressão atmosférica ao nível da água do mar é de 760 mm. Esta varia de acordo com a temperatura e a humidade do ar.

A pressão atmosférica é medida por barômetros. Há dois tipos básicos de barômetros: mercúrio e aneróide. O mais preciso é o barômetro de mercúrio, inventado por Torricelli em 1643. Consiste de um tubo de vidro com quase 1 m de comprimento, fechado numa extremidade e aberto noutra, e preenchido com mercúrio (Hg). A extremidade aberta do tubo é invertida num pequeno recipiente aberto com mercúrio. A coluna de mercúrio desce para dentro do recipiente até que o peso da coluna de mercúrio iguale o peso de uma coluna de ar de igual diâmetro, que se estende da superfície até o topo da atmosfera. O comprimento da coluna de mercúrio, portanto, torna-se uma medida da pressão atmosférica. A pressão atmosférica média no nível do mar mede 760 mm Hg.

Vento como ar em movimento, o movimento da massa de ar com uma determinada direção e intensidade.

O ar movimenta-se devido às diferenças de temperatura ou de pressão. O deslocamento do ar é sempre de áreas mais quentes, ou de regiões de altas pressões para as de baixa pressão. Sabemos que a superfície terrestre não recebe a mesma quantidade de calor. As regiões onde o ar faz movimento ascendente são denominadas de zonas de baixa pressão e nas regiões onde temos movimentos descendentes são chamadas de zonas de alta pressão. Para traduzir a velocidade do vento utilizam-se duas unidades: o metro por segundo, m/s, de que se deduz a velocidade em quilómetro por hora, km/h, ou o nó, que se abrevia por kt, e que corresponde a 51 cm/s. Tanto o cata-vento (para medir a direção do vento), como o anemómetro (intensidade do vento) são hoje em dia substituídos, com vantagem, por anemógrafos, que registam a direção e velocidade do vento em simultâneo. São os ventos que transportam de um lado para as outras massas de ar diferentes, que podem deixar calor por onde passam ou frio. Quando duas massas de ar muito distintas confluem uma com a outra pode dar-se origem a um furacão ou tufão.

4.1.1.2.1 Padrão Climático Regional

A realidade climática pode ser caracterizada por unidades espaciais com grandezas escalares completamente diferenciados, que variam desde o nível global até o local. A cada uma dessas ampliações, redefine-se não apenas as escalas de estudo, mas também os elementos ou fatores, em outras palavras, alteram-se os atributos e as propriedades de cada um desses sistemas espaciais do clima. A partir do momento em que se desdobram as unidades maiores em menores, o número de variáveis que intervêm aumenta, havendo uma superposição, ou melhor, uma interação entre os fatores e elementos estruturais de determinada ordem de

grandeza com outra imediatamente inferior, e assim sucessivamente. Da mesma forma, na medida em que se reduzem as dimensões de espaço, a velocidade das mudanças temporais em nível de processo também se altera, fluindo em ritmos diferenciados para cada unidade de grandeza espacial.

O clima de uma região é determinado por fatores, denominados controles climáticos, que atuam tanto na escala global como na regional. Os mais importantes são a circulação geral da atmosfera (CGA), a topografia local, a natureza da cobertura vegetal, o ciclo hidrológico e a influência de correntes oceânicas se a região for costeira. A CGA, mostrado na Figura 4.1.1.2.1-1, que é uma consequência da distribuição latitudinal da energia solar e da distribuição assimétrica de continentes e oceanos, impõe as características gerais do clima regional. O ciclo hidrológico não é só um componente do clima em si, mas também da paisagem biogeofísica. Sua influência no clima não se resume apenas às interações entre a umidade atmosférica, precipitação e escoamento superficial. Devem ser levadas em conta, também, as grandes quantidades de energia que são absorvidas e liberadas durante os processos de mudança de fase sofridos pela substância água.

Na Amazônia o clima é equatorial úmido e subúmido, controlado pela ação dos alísios e baixas pressões equatoriais (doldrums) e pela ZCIT - Zona de Convergência Intertropical. Na Amazônia Ocidental, sofre a interferência da massa equatorial continental (mEc); na Amazônia Oriental, região do médio e baixo Amazonas e litoral, o clima sofre interferência da massa equatorial marítima (mEm) e da ZCIT. A massa polar atlântica (mPa) atua no interior da Amazônia, percorrendo o território nacional no sentido S - NW através da depressão do Paraguai, canalizando o ar frio e provocando queda da temperatura. O fenômeno é conhecido como "friagem". Diferindo da maioria dos estados brasileiros, Amazonas é cortado ao norte pela linha do Equador, apresenta como clima dominante o equatorial (AM) com duas variações.

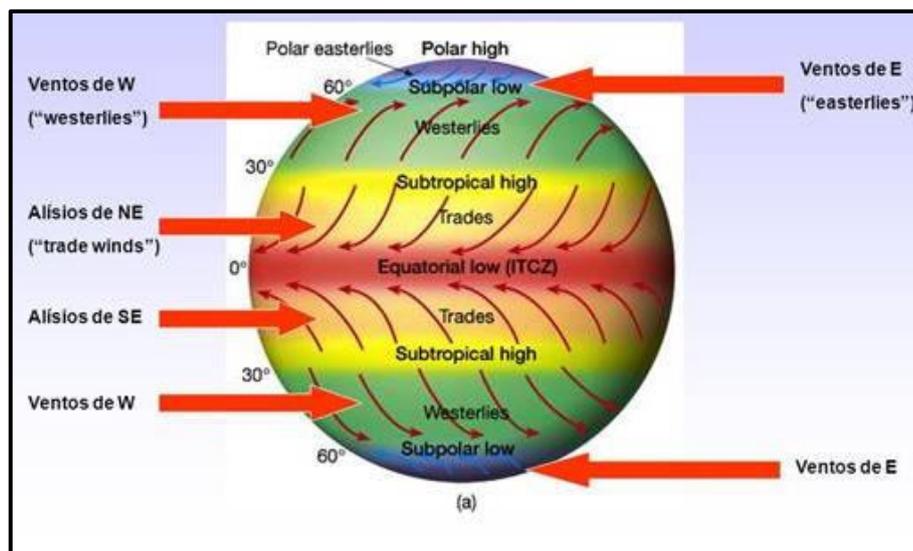


Figura 4.1.1.2.1-1 - Representação esquemática da circulação geral da atmosfera - CGA, modelo teórico.
Fonte: USP, 2015.

Porção Oeste: clima equatorial úmido sem estação seca definida. O regime pluviométrico é elevado, com índices superiores a 2.000 mm/ano. As temperaturas também são elevadas variando entre 25 e 27°C, durante os meses de maio a setembro as chances de ocorrer a friagem são grandes, quando ocorrem, em média de 3 a 4 dias as temperaturas diminuem chegando a 10 graus (mínima).

Porção Leste: clima equatorial com pequena estação seca; chuvas acentuadas o que registra índices superiores a 2.500mm/ano e temperaturas de 26°C. A estação seca ocorre na primavera (Norte do Amazonas) e no verão (sul do rio Amazonas).

As principais características climatológicas da área em estudo, segundo a classificação de Köppen, são representadas pelos tipos climáticos:

- 1→ Ami, forma intermediária, com uma estação relativamente seca e chuvosa.
- 2→ Awi, apresentando índice pluviométrico anual elevado com estação seca.

Ambas se diferenciam por apresentar uma estação seca de curta duração (Ami).

A temperatura média do mês é 26,7° C, máxima de 31,2°C e a mínima de 23°C, porém estáticas anuais chegaram a registrar temperaturas de até 40° C, a umidade relativa é em torno de 84%. A precipitação anual encontra-se em 2.101mm, podendo haver alterações nos parâmetros dependendo do período seco ou chuvoso (INMET, 1997).

A convecção na região Amazônica é um importante mecanismo de aquecimento da atmosfera tropical e suas variações, em termos de intensidade e posição, possui um papel importante na determinação do tempo e clima desta região. A liberação de calor durante a época chuvosa é tipicamente de 2,5 K.dia-1 (FIGUEROA; NOBRE, 1990), o equivalente a uma precipitação de 10 mm.dia-1.

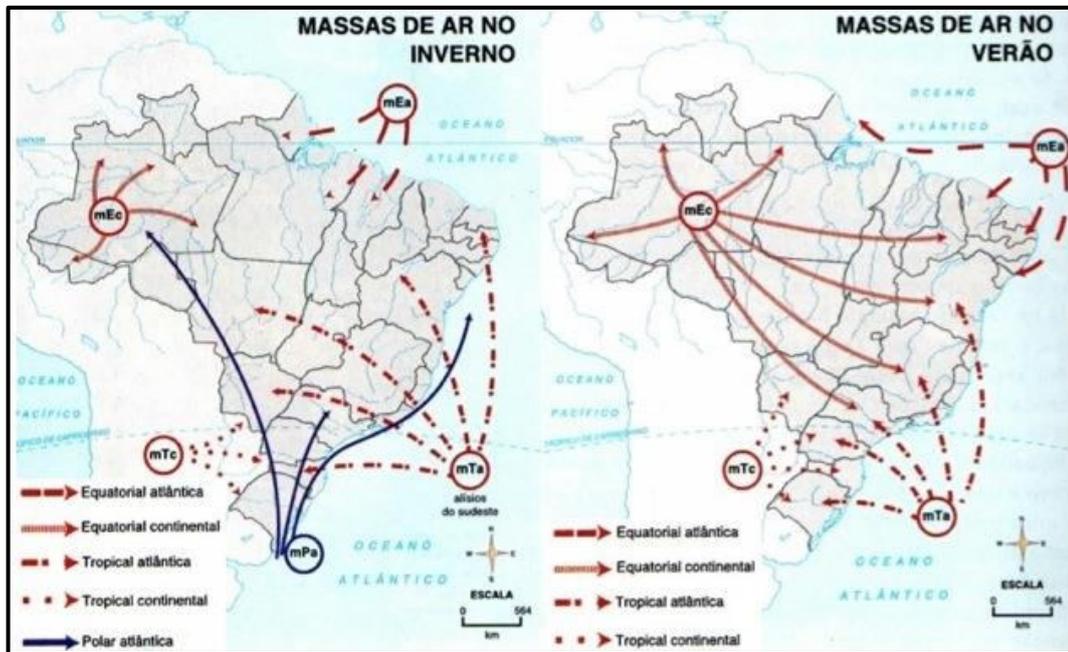


Figura 4.1.1.2.1-2 - Principais massas de ar no Brasil, massa de ar quente úmido domina a região Norte.
Fonte: GOOGLE, 2015.

Molion (1987, 1993) estuda as circulações de macro e meso-escala que atuam na Amazônia e os processos dinâmicos que organizam e promovem a precipitação nessa área. Segundo este autor, os mecanismos que provocam chuva na Amazônia podem ser agrupados em três tipos:

- Convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga-escala favoráveis;
- Linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do Atlântico; e
- Aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil e interagindo com a região Amazônica.

4.1.1.2.2 Energia solar

O clima atual da região Amazônica é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. A Amazônia, situada na região entre 5 N e 10 S recebe no topo da atmosfera um valor máximo de 36,7 MJ.m-2.dia-1 em dezembro/janeiro e um valor mínimo de 30,7 MJ.m-2.dia-1 em junho/julho (SALATI; MARQUES, 1984). Estes valores são reduzidos pela transmissão atmosférica, em média, da ordem de 15 MJ.m-2.dia-1. Medidas realizadas na porção central da Amazônia, próxima à Manaus-AM, indicam que os maiores totais de radiação que chegam na superfície ocorrem nos meses de setembro/outubro, sendo que os mínimos são nos meses de dezembro a fevereiro. Esta distribuição é controlada pela nebulosidade advinda da migração SE/NW da convecção amazônica (HOREL et al., 1989).

4.1.1.2.3 Temperatura

Devida aos altos valores de energia que incide na superfície, o comportamento da temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul, em Rondônia e Mato Grosso, que inclusive sofrem a ação de sistemas frontais, denominados localmente por Friagens. A amplitude térmica sazonal é da ordem de 1-2 °C, sendo que os valores médios se situam entre 24 e 26 °C. Especificamente, Belém (PA) apresenta a temperatura média mensal máxima de 26,5 °C em novembro e a mínima temperatura de 25,4 °C em março. Manaus (AM), por outro lado, possui seus extremos de temperatura nos meses de setembro (27,9 °C) e abril (25,8 °C). Salati e Marques (1984) apresentaram médias mensais de 48 estações meteorológicas espalhadas pela Amazônia.

4.1.1.2.4 Regime de chuva

As condições climáticas na Amazônia é uma combinação de vários fatores que estão intimamente relacionados entre os quais podemos mencionar o transporte de vapor d'água do oceano Atlântico para a região contribuindo com três quartos da umidade que circula anualmente na região. O restante de vapor d'água que circula na Amazônia, ou seja, a quarta parte é produzida pelo processo de evapotranspiração que é a transpiração das plantas e a evaporação das superfícies úmidas.

A região possui uma precipitação média de aproximadamente 2.300 mm.ano⁻¹, embora tenham regiões (na fronteira entre Brasil e Colômbia e Venezuela) em que o total anual atinge 3.500 mm, quase 50% da água precipitada pelas chuvas é proveniente do Oceano Atlântico e os outros cerca de 50% são oriundos da própria região Amazônica, cuja água ascende à atmosfera predominantemente através do processo de evapotranspiração (SALATI et al., 1979).

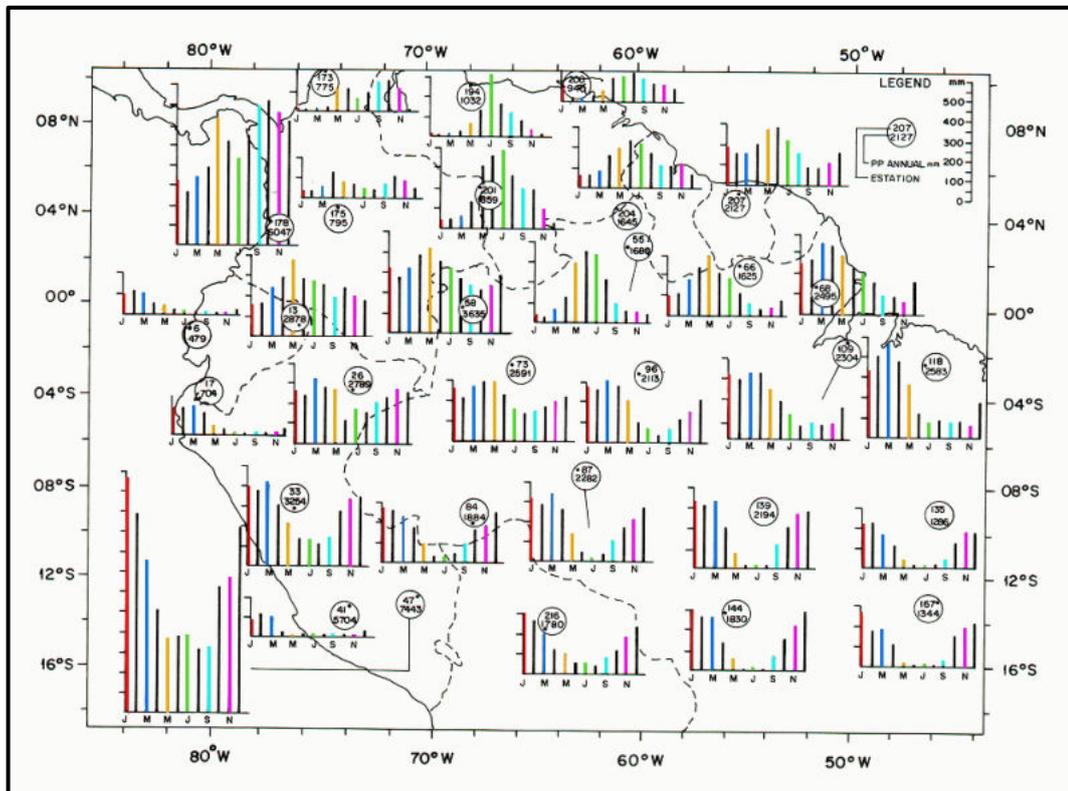


Figura 4.1.1.2.4-1 - Distribuição de precipitação na Amazônia.

Fonte: FIGUEROA; NOBRE, 1990.

Os valores de precipitação elevada próximo à Cordilheira dos Andes devem-se à ascensão orográfica da umidade transportada pelos ventos alísios de leste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na região costeira (no litoral do Pará ao Amapá), a precipitação também é alta e sem período de seca definido, devido a influência das linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa litorânea durante o período da tarde e que são forçadas pela brisa marítima. A distribuição espacial e temporal das chuvas na Amazônia foi detalhadamente estudada por Figueroa e Nobre (1990), utilizando-se de 226 estações pluviométricas, e por Marengo (1995), que usou dados de convecção (Radiação de Ondas Longas) do International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP).

O máximo da chuva na região central da Amazônia (próximo de 5 S), pode estar associada com a penetração de sistemas frontais da região sul, interagindo e organizando a convecção local. O período de chuvas ou forte atividade convectiva na região Amazônica é compreendido entre novembro e março, sendo que o período de seca (sem grande atividade convectiva) é entre os meses de maio e setembro. Os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro.

A distribuição de chuva no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) apresenta uma região de precipitação alta (superior a 900 mm) situada na parte oeste e central da Amazônia, em conexão com a posição geográfica da Alta da Bolívia. Por outro lado, no trimestre junho-julho-agosto (JJA), o centro de máxima precipitação deslocou-se para o norte e situa-se sobre a América Central.

A região Amazônica, principalmente na parte central, está sobre o domínio do ramo descendente da Célula de Hadley, induzindo um período de seca bem característico. Este comportamento está completamente de acordo com o ciclo anual da atividade convectiva na região, conforme demonstrado por Horel et al. (1989).

4.1.1.2.5 Evapotranspiração potencial

A evapotranspiração da floresta na região Amazônica tem sido objeto de vários estudos (VILLA NOVA et al., 1976, MARQUES et al., 1980, SHUTTLEWORTH et al., 1987), principalmente em casos da evapotranspiração potencial. As estimativas são de que a evapotranspiração potencial média seja de 4,0 mm.dia⁻¹, com variações sazonais decorrentes da existência ou não de chuvas. Entretanto, poucas são as medidas ou estimativas da evapotranspiração real. Marques Filho et al. (1986) e Fisch (1990) realizaram estudos comparativos entre medidas da evapotranspiração real (medida com aparelhos de vórtices turbulentos) e estimativas da evapotranspiração potencial e, utilizando de métodos diferentes (Penman-Monteith no caso de Fisch (1990) e teoria da similaridade para Marques Filho et al. (1986), chegaram a valores entre a razão das evapotranspirações real e potencial de 0,30 para Fisch (1990) e 0,4 para Marques Filho et al. (1986). Estes valores são típicos para a estação seca, sendo que, na época chuvosa, Shuttleworth et al. (1987) sugere que a evapotranspiração real seja igual a potencial, uma vez que o solo possui muita umidade.

4.1.1.2.6 Sistemas atmosféricos atuantes na região amazônica

4.1.1.2.6.1 Circulação Geral e Alta da Bolívia

A circulação geral da alta troposfera sobre a América do Sul tem sido bastante estudada nos últimos anos (ENTRE OUTROS SANTOS, 1986; CARVALHO, 1989). Esta região possui uma característica muito particular de apresentar o desenvolvimento de um anticiclone em altos níveis (200 hPa), durante os meses de verão, associado com a forte convecção da região Amazônica. Este anticiclone foi denominado de Alta da Bolívia (AB), pois situa-se sobre a região do altiplano boliviano. Durante a época de inverno, ocorre a desintensificação da AB, com o seu completo desaparecimento. A localização geográfica da AB possui variação intrasazonal e interanual, associado com a convecção na Amazônia. Santos (1986) observou que, durante anos menos chuvosos na região Amazônica, os centros da AB eram menos intensos. Analisando anos de ocorrência de El-Niño, Jones e Horel (1989) reportam que, a AB localiza-se, em geral, à oeste de sua posição climatológica. Também foi observado por Carvalho (1989) que, para o evento do ENOS 82-83, a atividade convectiva e precipitação na Amazônia diminuiu com a desintensificação da AB. A manutenção deste centro quente anticiclônico é devido à convergência, em baixos níveis da umidade que vem de nordeste e de leste. Esta convergência provoca forte convecção, condensação e liberação de calor latente na média/alta troposfera, associada à atividade convectiva. Entretanto, esta atividade convectiva possui um ciclo anual de migração SE/NW, partindo da região Amazônica durante o trimestre DJF e deslocando-se até a América Central (trimestre JJA). A investigação deste fenômeno pode ser efetuada pelas observações pluviométricas (MARENGO, 1992) ou pela radiação de ondas longas (ROL), emitida pelo topo de nuvens e aglomerados convectivos (HOREL et al., 1989) e medidos por satélites meteorológicos de órbita polar. Já foi demonstrado que as observações de ROL é um estimador conveniente da precipitação tropical (CARVALHO, 1989). Segundo os resultados de Horel et al. (1989), a atividade convectiva sobre a América Tropical possui um deslocamento sazonal ao longo do eixo SE/NW, permanecendo aproximadamente 5 meses em cada hemisfério.

4.1.1.2.6.2 El Niño

O evento do El Niño/Oscilação Sul (ENOS) de 1982-1983 foi um dos mais intensos e afetou o tempo e clima da América do Sul de várias maneiras (KAYANO; MOURA, 1986). No

caso da região Amazônica, este episódio provocou um período extremamente seco (janeiro/fevereiro) durante a estação chuvosa na Amazônia Central. O desvio da precipitação neste período (valor climatológico menos o valor observado de 82/83), apresentou valores de até - 70% na área de Manaus (AM), com um valor menor na parte mais próxima do Oceano Atlântico (-20 % em Belém). Este comportamento foi devido ao ramo descendente da célula de Walker deslocar-se para a região sobre a Amazônia, inibindo a formação de atividades convectivas (NOBRE; RENNÓ, 1985; NOBRE; OLIVEIRA, 1986).

Este período (janeiro/fevereiro 82/83) foi caracterizado por possuir o menor índice pluviométrico nos últimos 50 anos. Em Manaus (AM), por exemplo, o total mensal de precipitação foi nulo, época em que a normal climatológica apresenta um valor superior à 300 mm (NOBRE; OLIVEIRA, 1986). Em um estudo complementar a este, Kayano e Moura (1986) analisaram a precipitação na América do Sul durante todo o evento do El Niño (junho de 1982 a agosto de 1983), indicando que a Amazônia sofreu uma seca durante todo este período, com total de chuva de aproximadamente 0,5, desvio normalizado menor.

Devido à natureza heterogênea da precipitação e da localização de pluviômetros/pluviógrafos (MOLION; DALLAROSA, 1990), a medida da vazão de rios é uma medida robusta do ciclo hidrológico na área da Bacia. Neste sentido, Molion e Carvalho (1987) analisaram a descarga fluvial de rios na Amazônia e correlacionaram suas vazões com o evento ENOS 82/83.

Os resultados obtidos para os Rios Trombetas e Ji-Paraná indicaram que as correlações são positivas, sugerindo que o índice de oscilação sul possa ser um preditor da variabilidade de chuva nesta região. Richey et al. (1989) também mostraram que variabilidade inter-anual do regime de precipitação e descarga fluvial dos rios está associada com eventos de ENOS e possui escala de tempo de 2-3 anos.

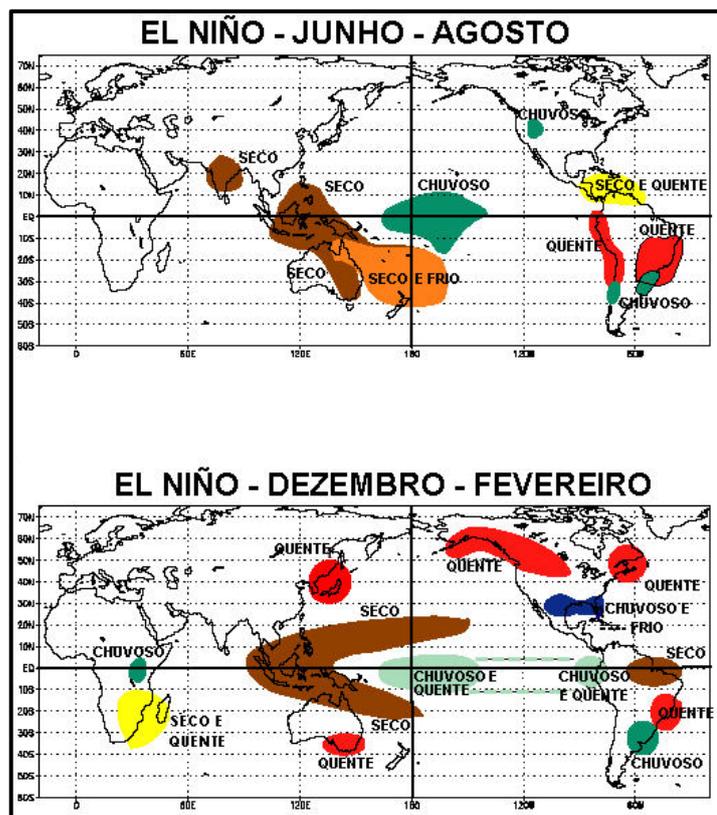


Figura 4.1.1.2.6.2-1 - O fenômeno climático El Niño.

Fonte: INEP, 2015.

O aumento da temperatura da superfície do mar no Pacífico afeta os padrões das correntes de vento e pode desencadear tanto muita chuva com grandes inundações como secas em diferentes partes do globo.

Uma série de outros estudos também demonstraram os efeitos do evento ENOS na hidrologia da Amazônia. Aceituno (1988) mostrou uma tendência da diminuição de chuva na Amazônia do Norte, durante anos de El-Niño. Marengo (1991, 1992) mostrou que em anos de El-Niño muito intenso, como foram os anos de 1925-26, 1976-76 ou 1982-83, a precipitação do verão foi mais baixa que nos anos normais sobre a Amazônia do Norte, resultado este que também se observa nos níveis de água anormalmente baixos dos Rios Negro e Amazonas. Um estudo recente de Marengo (1996) para a Amazônia Peruana mostra que os níveis de água do Rio Solimões em Iquitos e as chuvas registradas mostram anomalias negativas durante anos de El-Niño muito intenso. Estudos observacionais realizados por Marengo e Hastenrath (1993), e que foram comprovados por estudos de modelagem do clima de Marengo et al. (1993), mostram que, durante anos de grande aquecimento das águas do Pacífico equatorial central (fenômeno do El-Niño), a ZCIT situa-se anormalmente mais ao norte do que sua posição normal sobre o

Atlântico tropical. Consequentemente os ventos alísios de NE são mais fracos, reduzindo a umidade que penetra no interior da região Amazônica. Sobre o lado oeste do Andes, a convecção que produz chuvas abundantes ao norte do Peru, provoca, por sua vez, movimentos de ar de subsidência compensatória no lado este, contribuindo para uma menor quantidade de chuva na parte oeste da Amazônia.

4.1.1.2.6.3 Friagens

Embora a região Amazônica situa-se geograficamente próxima ao Equador, a parte meridional sofre, eventualmente, da ação de sistemas frontais, provocando o fenômeno localmente denominado de Friagem. O efeito destas invasões de ar polar na Amazônia tem sido pouco estudado e apenas os estudos de Brinkman e Ribeiro (1972), Hamilton e Tarifa (1978), Fisch (1996) e Marengo et al. (1996) detalharam estes efeitos. Fisch (1996) realizou uma estatística simples do número de eventos de Friagem na região do Sul do Pará durante os anos de 1992 e 1993 e obteve uma frequência de ocorrência de 7 casos por ano, durante os meses de maio a agosto. Brinkman e Ribeiro (1972) citam que, no caso da Amazônia Central, ocorrem de 2 a 3 Friagens por ano, durante os meses de seca (junho a outubro).

Analisando o evento de uma Friagem que atingiu a região de Manaus (julho de 1969), Brinkman e Ribeiro (1972) mostraram que a temperatura mínima naquele evento foi 12 C menor do que a média climatológica, provocando ventos intensos. No caso das variações dos elementos climáticos, Hamilton e Tarifa (1978) analisaram a penetração de uma intensa frente fria (ocorrida em 1972), que provocou decréscimos na temperatura do ar em Cuiabá (MT) de até 13 C. Outras observações importantes são a de que ocorre uma mudança de direção do vento (de Norte para Sul), a cobertura de nuvens é total e que o evento se estende até 700 hPa (aproximadamente 3000 m), prolongando-se por 3 dias. Ainda com relação às características meteorológicas da superfície, Marengo et al. (1996) analisaram a extensão espacial das modificações causadas por duas Friagens moderadas ocorridas em 1994, observando que os efeitos mais pronunciados foram obtidos na região do sul de Rondônia (Ji-Paraná), na qual a temperatura do ar atinge valores de 10 C, aproximadamente 8 C abaixo da média climatológica. Nas regiões central e oeste da Amazônia (Manaus - AM e Marabá - PA, respectivamente), o decréscimo da temperatura do ar não foi tão grande, embora a quantidade de umidade atmosférica também tenha diminuído, induzindo que ocorreu a invasão de ar polar (frio e seco).

As modificações na estrutura vertical da atmosfera foram estudadas por Fisch (1996a), que observou um aumento intenso da velocidade do vento (principalmente na componente meridional do vento), associado com um forte resfriamento (ao redor de 15 °C na camada limite atmosférica). Estas informações foram coletadas em julho de 1993.

4.1.1.2.6.4 Linhas de Instabilidade

As Linhas de Instabilidade (LIs) que ocorrem na Amazônia são responsáveis pela formação de chuvas próximo à costa litorânea dos estados do Pará e Amapá, bem como de precipitação na Amazônia Central, durante a estação seca. Estudos preliminares (COEHN et al., 1989) mostraram que estas LIs são um dos sistemas atmosféricos atuantes na área leste do Pará e que contribuem com 45 % da chuva que cai durante o período chuvoso. Estas linhas são caracterizadas por possuir grandes conglomerados de nuvens cumulonimbus e são formadas devido à circulação de brisa marítima, podendo-se prolongar para o interior do continente (denominadas LIP) ou não (LIC). Devido a suas dimensões, estas LIs são facilmente observadas por imagens de satélites.

De acordo com Coehn et al. (1989), as LICs constituem 62% dos casos observados, sendo o restante (38%) compreendido de LIPs. Cavalcanti (1982) realizou um estudo climatológico e observou que a formação destas linhas se posiciona ao sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sendo o período de maior frequência na época em que a ZCIT está mais organizada. Molion (1987) descreve a influência destas LIs na distribuição de chuva da Amazônia Central, observando que, durante à noite e devido à diminuição do contraste térmico oceano-continente, estas LIs praticamente se dissipam, para revigorarem-se no dia seguinte, com o aquecimento da superfície. Os aspectos climatológicos destas LIs na Amazônia foram estudados observacionalmente por Coehn et al. (1989).

Os resultados obtidos foram de que estas LIs podem atingir o extremo oeste da Amazônia, com velocidade de deslocamento entre 12 e 15 m.s-1 (aproximadamente 13 graus de longitude por dia). O comprimento e a largura médios destas LIs é de aproximadamente 1500 km e 170 km, respectivamente, sendo que os meses com maior frequência de ocorrência é entre abril e agosto (COEHN et al., 1989). Por outro lado, Coehn et al. (1995) estudaram a penetração de Linhas de Instabilidade na região Amazônia Central, durante o experimento ABLE-2B (GARSTANG et al., 1994) nos meses de Abril-Maio de 1987. Neste período as LIC compreenderam 23 % dos casos, sendo o restante de LIPs. Em um estudo de caso de uma LIP

intensa ocorrida no início de maio, observou-se que foram 2 mecanismos que provavelmente originaram e propagaram esta LIP: ventos de leste intensos em baixos níveis (entre 900 e 650 hPa) e presença de uma fonte de calor a oeste da Amazônia.

Os autores concluem que as LIs que se propagam na Amazônia são mecanismos complexos, em que ocorre interação entre escalas: larga, meso e microescala, sendo esta última provocada por circulações entre nuvens e o ambiente adjacente.

4.1.1.2.6.5 Brisa Fluvial

A precipitação é um dos elementos climáticos mais importantes a ser analisado na região tropical, pois induz as características e comportamento dos outros, tais como temperatura, umidade relativa, ventos, etc. Entretanto, a despeito da simplicidade de sua medida, é uma das variáveis meteorológicas mais difíceis de ser medida, uma vez que possuem erros instrumentais, de exposição e mesmo de localização (MOLION; DALLAROSA, 1990).

A brisa fluvial é um mecanismo físico no qual o ar, devido ao contraste térmico entre água-terra, move-se em direção do continente durante o dia e vice-versa à noite. Imagens de satélites mostram que as nuvens se formam preferencialmente sobre o continente durante o dia, com movimentos de subsidência na área dos rios. Oliveira e Fitzjarrald (1993) comprovam a existência desta circulação fluvial nos baixos níveis (até 1500-2000 m), possuindo o sentido floresta/rio durante à noite e início da manhã, revertendo o sentido (rio/floresta) durante a tarde e início da noite. Observações radiométricas feitas por avião durante o experimento ABLE observou um gradiente térmico entre rio/floresta de -3 C durante o dia e +6 C à noite (OLIVEIRA; FITZJARRALD, 1993). Certamente estas influências são mais intensas nas regiões em que a largura do rio é considerável, tais como próximo a Manaus (confluência os Rios Negro e Solimões), Santarém (Rios Tapajós e Amazonas) e Belém (Rios Tocantins e parte sul da Foz do Rio Amazonas). Molion e Dallarosa (1990) mostraram que, considerando-se 4 postos pluviométricos (1978-1988) próximos à Manaus, o menor índice anual (1843 mm) foi o da estação instalada em uma ilha no Rio Negro, sendo o maior índice (2303 mm) na localidade distante cerca de 100 km.

4.1.1.2.6 Penetração de Sistemas Frontais e organização da convecção na Amazônia.

Oliveira (1986) realizou um estudo climatológico sobre a interação desta convecção tropical e a penetração de sistemas frontais na região SE do Brasil, utilizando de 5 anos (1977/1981) de imagens de satélites meteorológicos. Estes sistemas frontais provocam a organização e formação de uma banda de nuvens orientada no sentido NW/SE (referenciar a ZCAS), que possui sua máxima intensidade nos meses de verão, aumentando o regime de precipitação da região (época chuvosa). Este aumento de convecção está relacionado com a intensificação do cavado em altos níveis, que é gerado pela penetração da frente.

4.1.1.2.7 Padrão Meteorológico Local – Região de Manaus

4.1.1.2.7.1 Precipitação

A climatologia de precipitação na Cidade de Manaus durante os anos de 1931 a 1990 apresenta índices mais elevados durante o trimestre fevereiro/março/abril, onde o mês mais chuvoso é abril com registro de 322 mm; com período com baixa nos meses de julho/agosto/setembro, o mês mais seco registrado é agosto com 60mm já registrado.

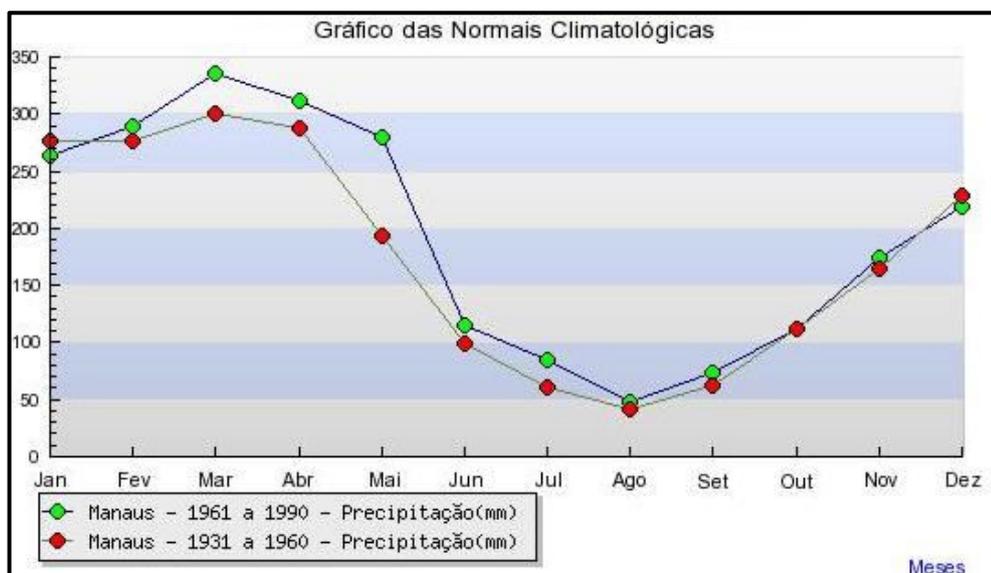


Gráfico 4.1.1.2.7.1-1 - Distribuição pluviométrica na Cidade de Manaus, com destaque que o regime de precipitação tem flutuação de estação seca a chuvosa.

Fonte: INMET, 2010.

4.1.1.2.7.2 Temperatura do Ar

A temperatura média mensal na Cidade de Manaus os picos atuam de forma inversa ao período chuvoso, onde os meses mais quentes ocorrem no segundo semestre do ano, com valor máximo no mês de setembro em 38 °C e valor mínimo no mês mais frio 18 °C.

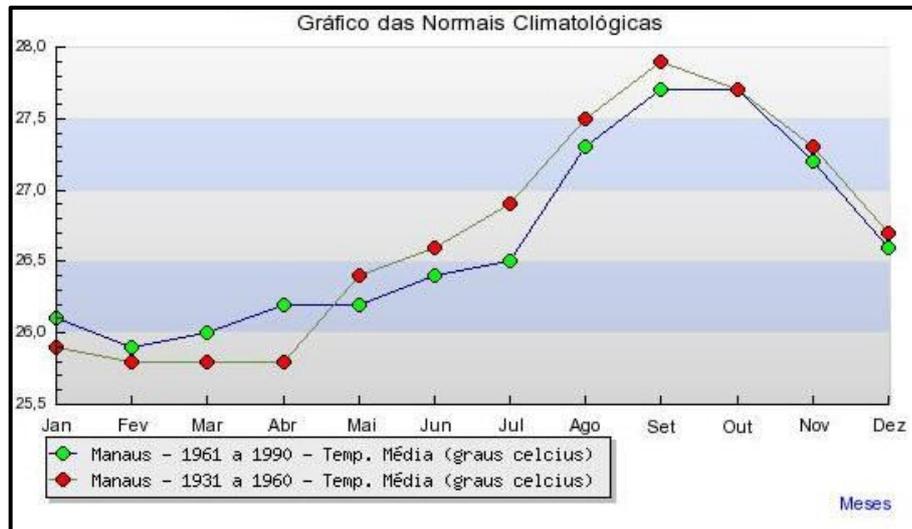


Gráfico 4.1.1.2.7.2-1 - Distribuição da temperatura média mensal durante os anos de 1931 a 1990, os meses mais quentes se destacam no trimestre agosto/setembro/outubro.

Fonte INMET, 2010.

4.1.1.2.7.3 Balanço hídrico da Cidade de Manaus

O balanço hídrico e climatológico para a estação e Manaus. Apresenta a diferença entre a precipitação e a evaporação em cada estação. O déficit nos meses de julho a outubro ocorre porque a evaporação é maior do que a precipitação, e nos meses de janeiro a maio, ocorre excesso devido a maior precipitação no local.

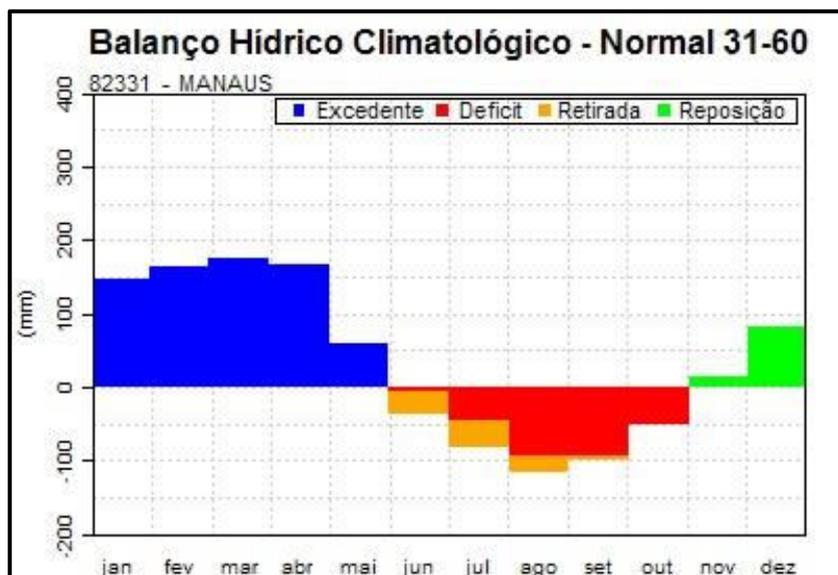


Gráfico 4.1.1.2.7.3-1 - Balanço hídrico na Cidade de Manaus no período de 1931 a 1960 com as diferenças entre os períodos chuvoso e seco.

Fonte: INMET, 2015.

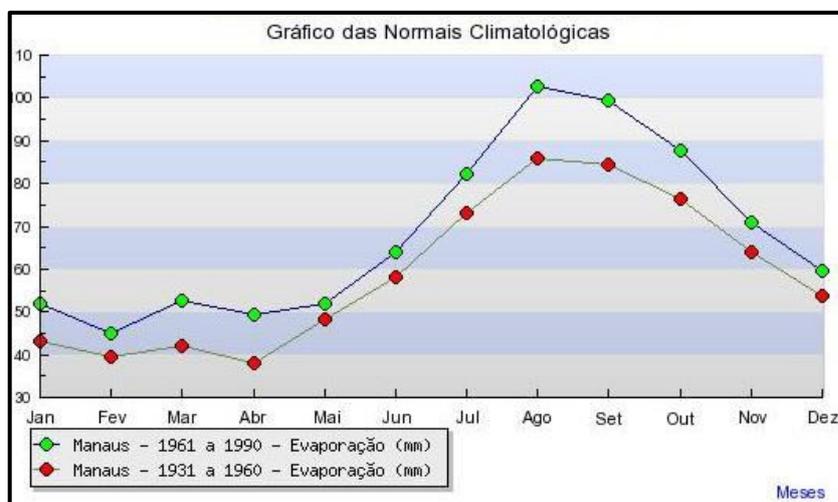


Gráfico 4.1.1.2.7.3-2 - Evaporação média mensal na Cidade de Manaus nos anos entre 1931 a 1990 indicando as máximas de evaporação ocorrem nos meses mais secos do ano.

Fonte: INMET, 2015.

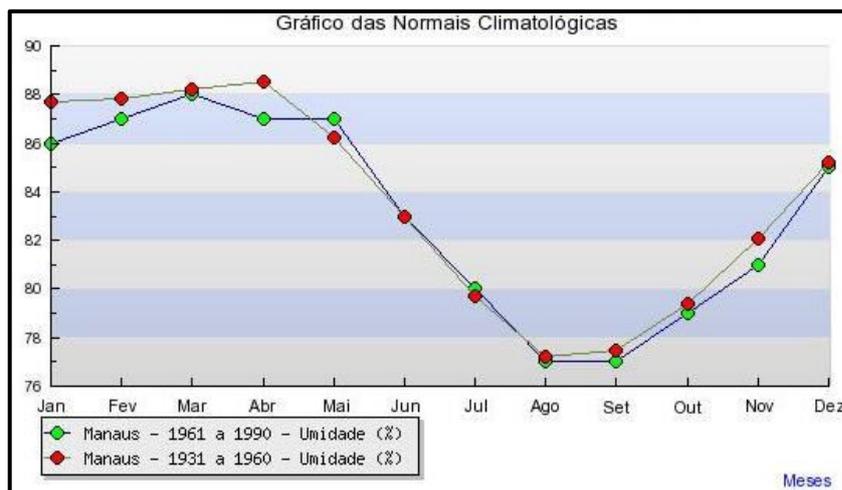


Gráfico 4.1.1.2.7.3-3 - Humidade relativa do ar (%) média mensal na Cidade de Manaus durante os anos 1931 a 1990 mostra umidade acima de 80% no primeiro trimestre do ano.

Fonte: INMET, 2015.

4.1.1.2.7.4 Insolação

A insolação média mensal na Cidade de Manaus apresenta valores inversos ao período chuvoso, coincidindo com os meses de baixo índices de precipitação, que ocorrem durante os segundo semestre de cada ano.

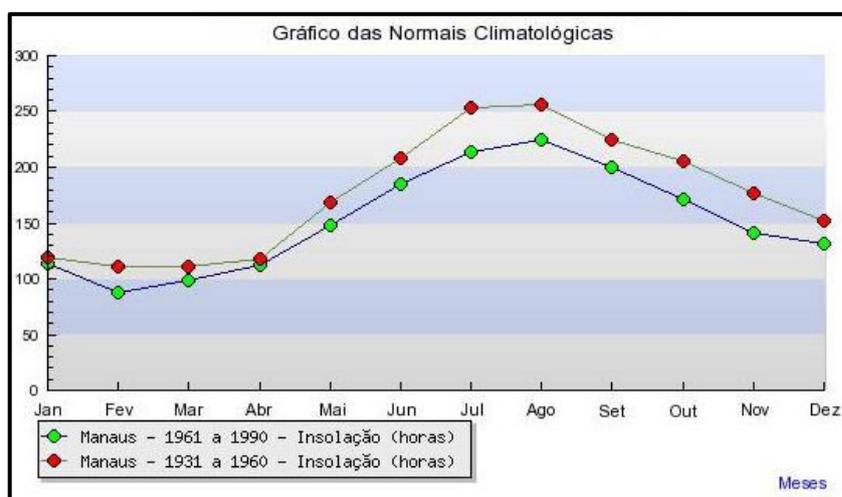


Figura 4.1.1.2.7.4-1 - Média mensal do número de horas de insolação na Cidade de Manaus durante o período de 1931 a 1990, mostrando pico de insolação nos meses de julho a agosto.

Fonte: INMET, 2015.

4.1.1.2.7.5 Intensidade e Direção do Vento em Manaus

A área de estudo sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT possui um deslocamento norte-sul ao longo do ano, alterando o regime de vento na região

de interesse. A intensidade das alterações que ocorrem ao longo de um determinado ano é determinada pelos eventos climatológicos típicos da região.

A Gráfico 4.1.1.2.7.5-1 representa a direção predominante e velocidade média dos ventos para a região de interesse, utilizando dados de reanálises da estação meteorológica de superfície do Aeroporto Eduardo Gomes, Cidade de Manaus. Observa-se que os ventos predominantes na região são provenientes de leste durante todo o ano.

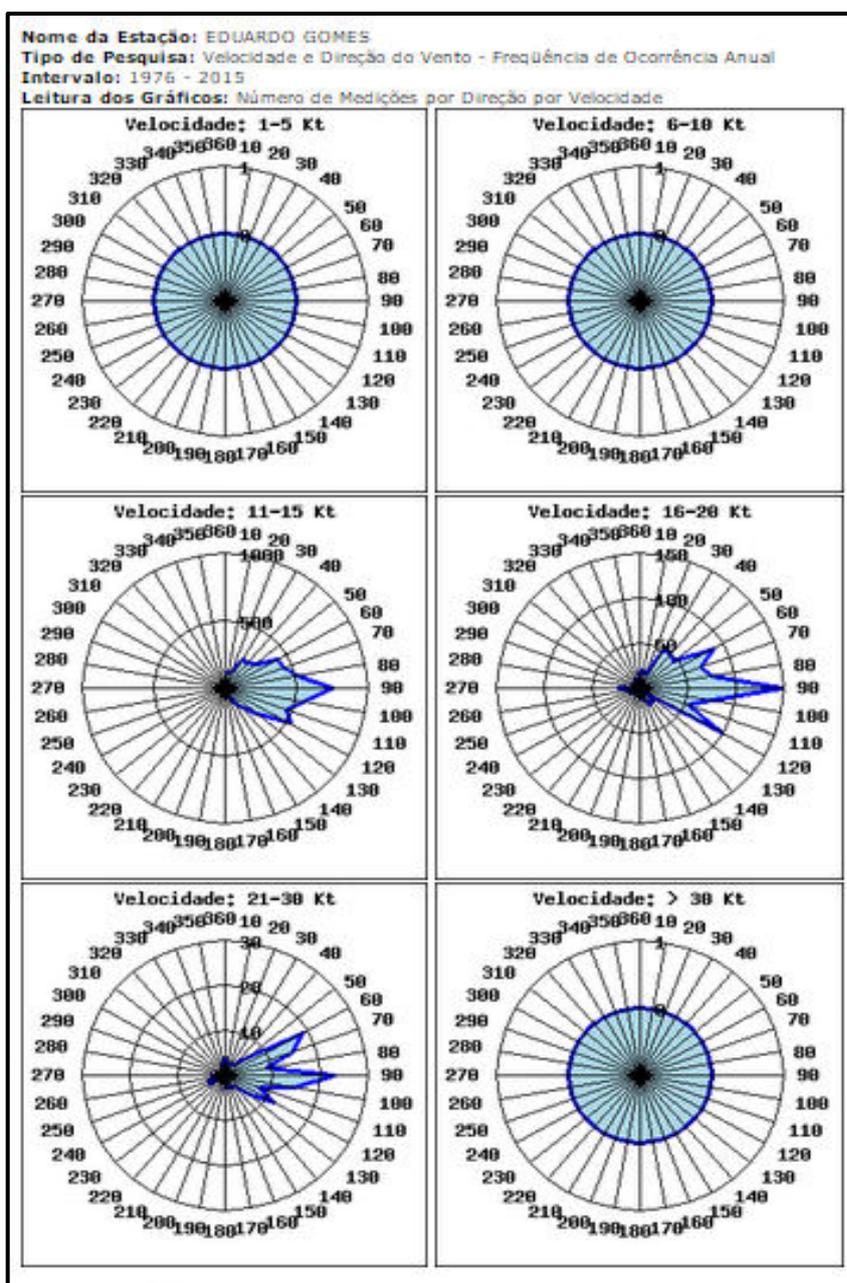


Gráfico 4.1.1.2.7.5-1 - Direção e velocidade do vento na Cidade de Manaus, dados obtidos na estação meteorológica de superfície do aeroporto Eduardo Gomes, em Manaus.

Fonte: INMET, 2015.

4.1.2 Qualidade do Ar

O diagnóstico de poluição do ar tem por objetivo a caracterização dos níveis de concentração de poeiras, e gases (*background*) existentes na área de estudo do Projeto Extração Mineral de Caulim, no Município de Manaus/AM e avaliar a dispersão dos poluentes.

A resolução CONAMA nº 03, de 1990, define poluente atmosférico como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: (1) impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; (2) inconveniente ao bem-estar público; (3) danoso aos materiais, à fauna e flora; (4) prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. O Banco Mundial (1998) define poluente atmosférico como qualquer substância no ar que pode em concentração suficiente, causar danos aos seres humanos, outros animais, vegetação ou materiais. Estes podem incluir materiais naturais ou artificiais capazes de serem transportados pelo ar. Estando na forma de partículas sólidas, gotículas, líquidos, gases ou combinações destes estados. Geralmente, estão em dois grupos principais: (1) emitidos diretamente de fontes identificáveis e (2) produzidos no ar por interação entre dois ou mais poluentes primários ou por reação com componentes naturais do ar, com ou sem fotoativação. Excluindo poluentes de origem natural os demais podem estar agrupados nas seguintes categorias: sólidos, compostos de enxofre, compostos orgânicos voláteis (COV), compostos de nitrogênio, compostos de oxigênio, compostos halogenados, compostos radioativos e odores. Observando as duas definições conclui-se que além de poluentes clássicos ou convencionais (exemplo: SO₂) outros tipos de materiais ou energia podem ser classificadas como poluentes do ar, a exemplo materiais radioativos, energia eletromagnética ou mesmo energia sonora.

4.1.2.1 Material Particulado (MP)

De acordo com o Banco Mundial (1998) o material particulado é uma mistura complexa de substâncias orgânicas e inorgânicas. Podem ser caracterizados por suas propriedades físicas (que influenciam no seu transporte e deposição) e composição química (que influencia nos efeitos à saúde humana). As propriedades físicas do material particulado incluem concentração de partículas e distribuição do tamanho destas. As concentrações ambientais são medidas em µg/m³. A distribuição do tamanho é usualmente medida através do diâmetro aerodinâmico. De

acordo com Zannetti (1990) e o Banco Mundial (1998) os materiais particulados acima de 2,5 µm de diâmetro aerodinâmico são geralmente definidos como partículas grossas, enquanto os menores de 2,5 µm são definidos como partículas finas e também como partículas respiráveis. Vários termos são usados para descrever particulados. Geralmente, estes termos estão associados com o método de amostragem, a exemplo as partículas totais em suspensão (PTS), que inclui partículas de vários tamanhos, amostradas através de Hivol – amostrador projetado para coletar material particulado em suspensão, através da filtração de grandes volumes de ar, possui como limite partículas de até 45 µm nos EUA e 160 µm na Europa.

As partículas que mais causam efeitos adversos à saúde humana são PM₁₀ e PM_{2,5}, menores que 10 e 2,5 µm de diâmetro respectivamente. As PM₁₀ são também chamadas de partículas inaláveis. Algumas partículas são provenientes de fontes naturais (ex. pólen, emissões vulcânicas). Grande parte das partículas finas é proveniente dos processos de combustão (ex. queima de combustíveis fósseis e processos industriais como cimenteiras e mineradoras). De acordo com a EPA citada no WORD BANK (1998) estima-se que mais de 90% das partículas finas emitidas de fontes estacionárias estão combinadas com dióxido de enxofre (SO₂). O sistema respiratório é o mais afetado pelas partículas. A deposição de partículas em diferentes partes do sistema respiratório depende do tamanho da partícula, forma e densidade. Os efeitos são também influenciados em função da composição química, da duração de exposição e de suscetibilidade individual. Partículas menores que 10 µm podem alcançar os pulmões e a taxa de retenção aumenta para partículas finas. A vegetação pode sofrer danos quando ocorre a deposição de material particulado combinado com outros poluentes. Partículas grosseiras podem depositar-se nas folhas e reduzir a fotossíntese, alterando o crescimento das mesmas.

4.1.2.2 Compostos Sulfurosos

Segundo o WORD BANK (1998) os óxidos de enxofre (SO_x) são compostos constituídos de enxofre e moléculas de oxigênio, que inclui o dióxido de enxofre (SO₂) e trióxido de enxofre (SO₃). O SO₂ é a forma predominante na baixa atmosfera, é um gás incolor que pode ser detectado pelo paladar e olfato na faixa de 1 à 3 µg/m³. O SO₂ dissolve rapidamente na água presente na atmosfera, formando ácido sulfuroso (H₂SO₃). O SO₂ é formado durante o processo de combustão de combustíveis fósseis, contendo compostos sulfurosos, entretanto existem fontes naturais como vulcões. Quando estes combustíveis fósseis

(ex. carvão mineral, óleo mineral, gás natural) foram formados, compostos de nitrogênio e enxofre foram introduzidos nestes através dos aminoácidos encontrados nas proteínas das plantas. O SO_3 é emitido diretamente para a atmosfera ou produzido através da oxidação do SO_2 , podendo ser rapidamente convertido a ácido sulfúrico (H_2SO_4). Durante combustões incompletas, o enxofre elementar (S) ou sulfeto de hidrogênio (H_2S) podem, dependendo da temperatura, ser formados sob condições redutoras dos compostos sulfurosos. Na maioria dos processos de combustão, compostos reduzidos de enxofre são insignificantes. A exposição ao SO_2 é associada à redução das funções dos pulmões, ao aumento de problemas respiratórios, à irritação dos olhos, nariz e garganta. Crianças, idosos e asmáticos são os mais afetados. Óxidos de enxofre podem causar impactos adversos à vegetação, incluindo florestas e agricultura e também podem causar danos aos materiais e metais ferrosos e não ferrosos.

4.1.2.3 Óxidos de Nitrogênio

Os óxidos de nitrogênio (NO_x) são formados durante o processo de combustão a altas temperaturas, através da oxidação do nitrogênio do ar de combustão ou do nitrogênio contido no combustível. Os NO_x incluem o dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de nitrogênio (NO) e óxido nitroso (N_2O). Primariamente óxido de nitrogênio (NO) é formado, e dependendo do excesso de ar, pode ser transformado a dióxido de nitrogênio (NO_2). De acordo com o Banco Mundial (1998) estas duas formas de óxidos de nitrogênio são poluentes significantes na baixa atmosfera. Outra forma de óxido de nitrogênio é o óxido nitroso (N_2O), um gás associado com o efeito estufa. O NO é um gás incolor e insípido e é predominante nas fontes emissoras antropogênicas. O NO_2 é um forte oxidante, gás amarelo-alaranjado ou marrom-avermelhado, com odor irritante e pungente. Uma porção de NO_2 na atmosfera é convertida a ácido nítrico (HNO_3). Existem fontes naturais de NO_x , como processos biológicos, relâmpagos, atividades vulcânicas ou pela foto-destruição de compostos nitrogenadas na atmosfera. As concentrações urbanas dos NO_x variam em função do horário do dia, estação do ano e condições meteorológicas. Os efeitos à saúde humana estão relacionados com o trato respiratório, sendo os asmáticos os mais suscetíveis aos efeitos do NO_2 . Os óxidos de nitrogênio são precursores da precipitação ácida e do ozônio troposférico, que estão relacionados com a destruição de vegetais. A deposição ácida pode abaixar o pH de lagos e rios, trazendo consequências para a vida aquática.

4.1.2.4 Padrões de Qualidade do Ar

Um padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente atmosférico para garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

Através da Portaria Normativa nº 348 de 14/03/90 e Resolução CONAMA nº 03/90 o IBAMA estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar. No Brasil são estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e secundários.

Os **padrões primários** de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

São **padrões secundários** de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Deve ser aplicado a áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas, etc.). Não se aplicam, pelo menos a curto prazo, a áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários. Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 03/90, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas os padrões aplicáveis serão os primários.

Os parâmetros regulamentados pelo CONAMA são os seguintes: partículas totais em suspensão - TSP, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre - SO₂, monóxido de carbono - CO, ozônio - O₃ e dióxido de nitrogênio - NO₂. Os padrões nacionais de qualidade do ar fixados na Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90 são apresentados na Tabela 4.1.2.4-1.

Tabela 4.1.2.4-1 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90)

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO	MÉTODO DE MEDIÇÃO
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1)	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA (2)	80	60	
Dióxido de Enxofre	24 horas	365	100	Pararosanilina
	MAA (3)	80	40	
Monóxido de Carbono	1 hora (1)	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
	8 horas	35 ppm	35 ppm	
		10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Refletância
Fumaça	24 horas (1)	150	100	
	MAA (3)	60	40	
Partículas inaláveis	24 horas (1)	150	150	Separação Inercial/Filtração
	MAA (3)	50	50	

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

A mesma resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Esses critérios são apresentados na Tabela 4.1.2.4-2.

Tabela 4.1.2.4-2 - Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90)

PARÂMETROS	NÍVEIS		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Dióxido de Enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	800	1.600	2.100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	375	625	875
SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)x($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (ppm) - 8 h	15	30	40
Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1 h	400	800	1.000
Partículas Inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	250	420	500
< Fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1 h	1.130	2.260	3.000

4.1.2.5 Informações sobre as Condições Climáticas na Ocasão das Amostragens

Este diagnóstico foi realizado entre os meses de outubro e novembro de 2015. Foram feitas duas séries de amostragens, uma realizada no mês de outubro em época de seca, com

índices pluviométricos muito baixos e outra no mês de novembro após o início das chuvas com índices de umidade mais elevados e conseqüentemente com menores concentrações de particulados em suspensão no ar.

Na Figura 4.1.2.5-1 são apresentados os valores de precipitação (mm) no período de 07/09/2015 a 05/11/2015.



Figura 4.1.2.5-1 - Valores de precipitação (mm)
Fonte: INMET, 2015.

Na Figura 4.1.2.5-2 são apresentados os valores de direção do vento (grau) no período de 07/09/2015 a 05/11/2015.

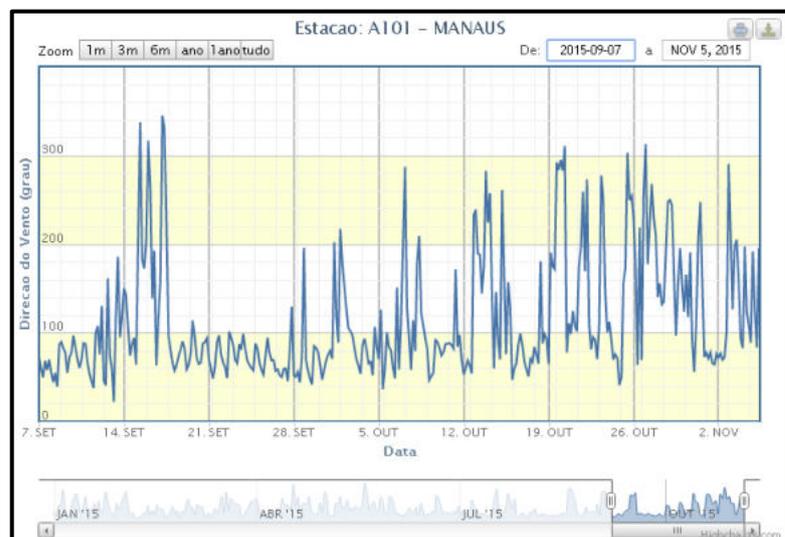


Figura 4.1.2.5-2 - Valores de direção do vento (grau).
Fonte: INMET, 2015.

Na Figura 4.1.2.5-3 são apresentados os valores de velocidade do vento (m/s) no período de 07/09/2015 a 05/11/2015.

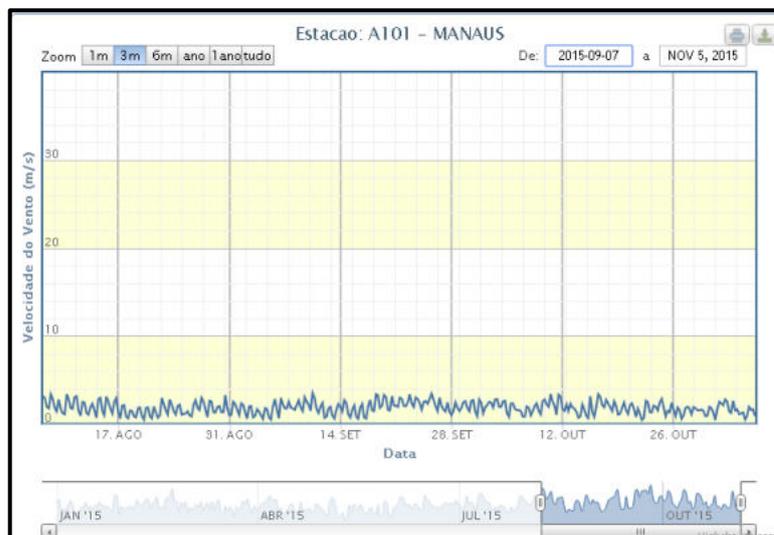


Figura 4.1.2.5-3 - valores de velocidade do vento (m/s).
Fonte: INMET, 2015.

Na Figura 4.1.2.5-4 são apresentados os valores de temperatura (C) no período de 07/09/2015 a 05/11/2015.

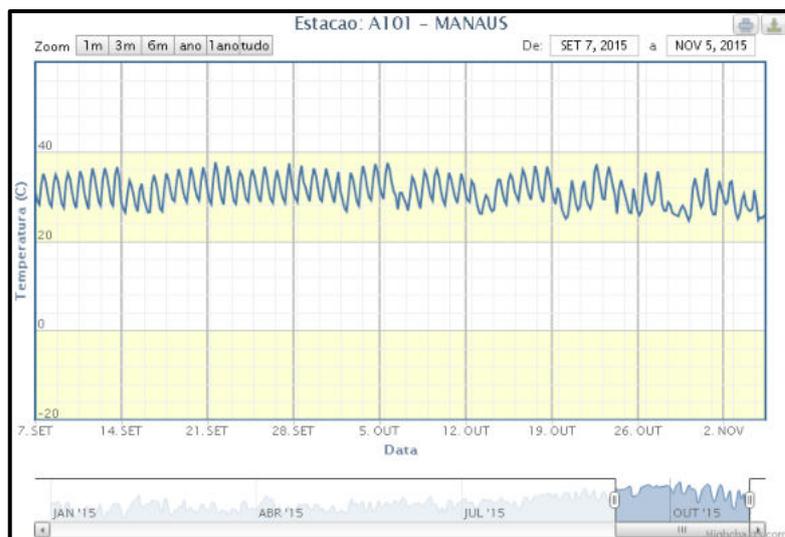


Figura 4.1.2.5-4 - Valores de temperatura (C).
Fonte: INMET, 2015.

Para elucidar como se encontrava o clima nos dias mais próximos à data da primeira coleta são apresentados os dados de 24/10/2015 a 30/10/2015 para temperatura.

Na Figura 4.1.2.5-5 são apresentados os valores de temperatura (C) no período de 24/10/2015 a 27/10/2015 ou 28/10/2015.



Figura 4.1.2.5-5 - Valores de temperatura (C).
Fonte: INMET, 2015.

Na Figura 4.1.2.5-6 são apresentados os valores de direção do vento (grau) no período de 24/10/2015 a 27/10/2015.

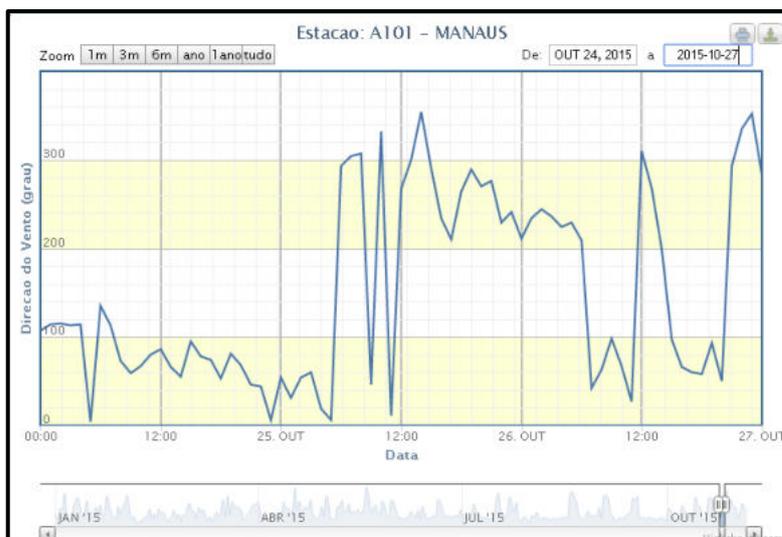


Figura 4.1.2.5-6 - Valores de direção do vento (grau)
Fonte: INMET, 2015.

Na Figura 4.1.2.5-7 são apresentados os valores de velocidade do vento (m/s) no período de 24/10/2015 a 28/10/2015.

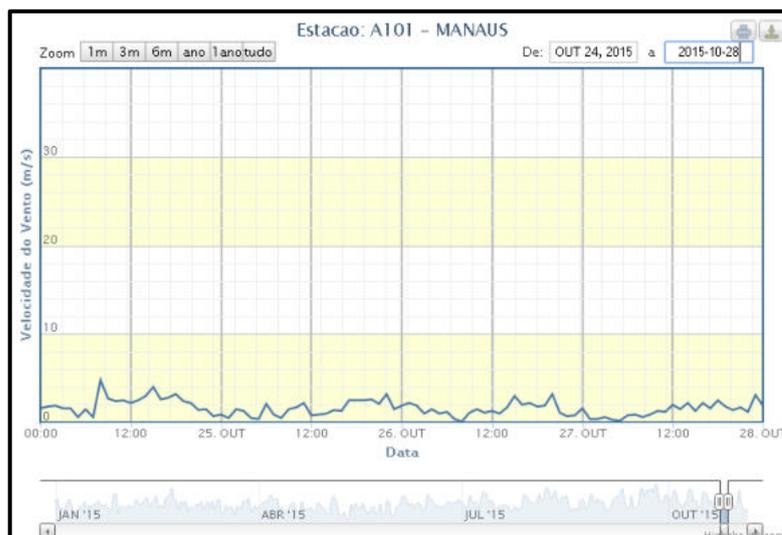


Figura 4.1.2.5-7 - Valores de velocidade do vento (m/s)

Fonte: INMET, 2015. <http://www.inmet.gov.br/>

Na Figura 4.1.2.5-8 são apresentados os valores de precipitação (m/m) no período de 24/10/2015 a 28/10/2015.

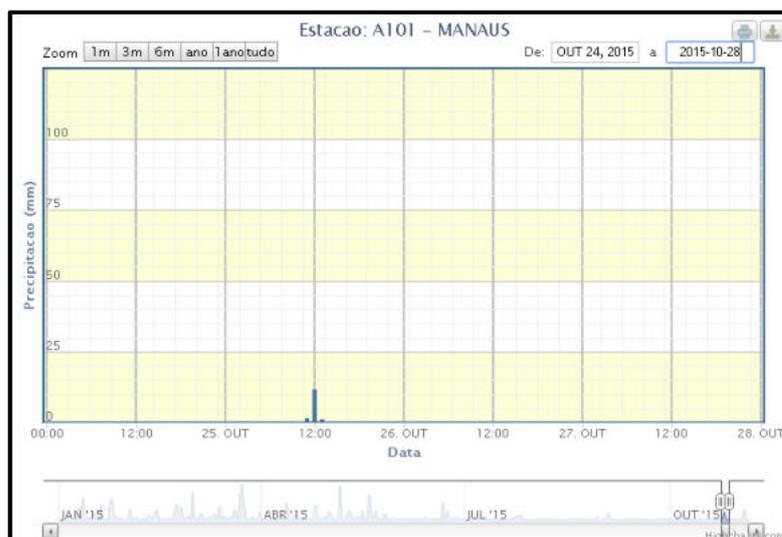


Figura 4.1.2.5-8 - Valores de precipitação (m/m)

Fonte: INMET, 2015.

Na Figura 4.1.2.5-9 são apresentados os valores de umidade (%) no período de 24/10/2015 a 28/10/2015.



Figura 4.1.2.5-9 - Valores de umidade (%).
 Fonte: INMET, 2015.

4.1.2.6 Metodologia de Amostragem e Análises

Poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade. Este conceito está determinado pela Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990 que dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

A avaliação da qualidade do ar é realizada a partir de resultados de amostragem e análise de poluentes na atmosfera, visando determinar suas concentrações atmosféricas e comparar tais resultados com os padrões de qualidade definidos na legislação vigente.

Considerando as fontes de emissão do empreendimento, verifica-se que o principal poluente de interesse visando à avaliação de possíveis impactos na qualidade do ar consiste em material particulado.

As amostragens foram realizadas seguindo os procedimentos conforme Quadro 4.1.2.6-1.

NBR 8969/85	Poluição do ar – Terminologia
NBR 9546/86	Dióxido de enxofre no ar ambiente - Determinação da concentração pelo método da pararrosanilina - Método de ensaio
NBR 9547/86	Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grade volume - Método de ensaio

Quadro 4.1.2.6-1 - Métodos de Grandes Volumes para Poluentes Atmosféricos.

4.1.2.7 Parâmetros para Comparação - Background

A Resolução CONAMA de 03/1990 define padrões de qualidade do ar para os parâmetros Partículas Totais em Suspensão – PTS e Partículas Inaláveis – PI.

De acordo com a referida Resolução, o padrão primário de qualidade do ar é definido como a concentração de poluente que, se ultrapassada, poderá afetar a saúde da população. Os padrões secundários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Assim, os resultados que serão obtidos com o monitoramento nesse estudo serão comparados aos padrões primários. A seguir é apresentada a metodologia de amostragem para cada parâmetro monitorado.

As coletas de PTS (partículas com diâmetro inferior a 100 μm) e MP2,5 (partículas com diâmetro inferior a 2,5 μm) foram feitas durante 24 horas iniciando nos dias 15 e 16 de outubro de 2015. As coletas de NO₂ foram realizadas durante 24 horas iniciando nos dias 01 e 02 de dezembro de 2015, obteve-se, portanto, duas amostras de cada parâmetro.

Os locais de coleta foram selecionados próximos ao km 40 da rodovia AM-010, de forma a atender os requisitos de instalação e funcionamento dos equipamentos. Os ambientes possuíam boa ventilação, energia elétrica e segurança para os equipamentos. O Quadro 4.1.2.7-1 apresenta os pontos de coleta georreferenciados:

DATA	PONTO DE COLETA	LOCALIZAÇÃO
15/10/2015	PONTO 1	59.9319 - 2.79401
16/10/2015	PONTO 2	59.9531 - 2.87813
01/12/2015	PONTO 1	59.9319 - 2.79401
02/12/2015	PONTO 2	59.9531 - 2.87813

Quadro 4.1.2.7-1 - Localização dos pontos de coleta de material particulado.

4.1.2.7.1 Metodologia de Coleta - Partículas Totais em Suspensão – PTS

O AGV PTS, foi devidamente instalado num local de medição, puxando uma certa quantidade de ar ambiente através de um filtro, instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas (nominais). A vazão imprimida pelo aparelho, dentro da faixa foi de 1,1 m³ /min. a 1,7 m³ /min., bem como a geometria da entrada da casinhola, dependendo da velocidade e da direção do vento, favorecem a coleta de partículas de até 25-50 µm (diâmetro aerodinâmico). O filtro foi pesado (após equilíbrio de umidade) antes e após a coleta para se determinar o ganho líquido em peso (massa). O volume de ar amostrado, corrigido para condições padrão [25°C, 760 mmHg], foi determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. A concentração das partículas totais em suspensão no ar ambiente foi computada dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado e expressada em microgramas por metro cúbico (µg/m³).

A calibração do amostrador foi realizada por exigência de norma, a vazão durante a amostragem deve ser mantida dentro dos seguintes limites:

- Vazão mínima de 1,1 m³ /min; e
- Vazão máxima de 1,7 m³ /min.

O AGV PTS é dotado de um motoaspirador com capacidade suficiente para cobrir com folga a faixa de vazão exigida pelas normas, também por exigência de norma, a vazão deve ser corrigida para condições-padrão (298 K e 760 mm Hg) antes mesmo da calibração do amostrador. Esta correção é feita por ocasião da calibração do calibrador utilizado para calibrar o amostrador. Deste modo, tanto na calibração do amostrador quanto na sua operação, a vazão é tratada nas condições-padrão.

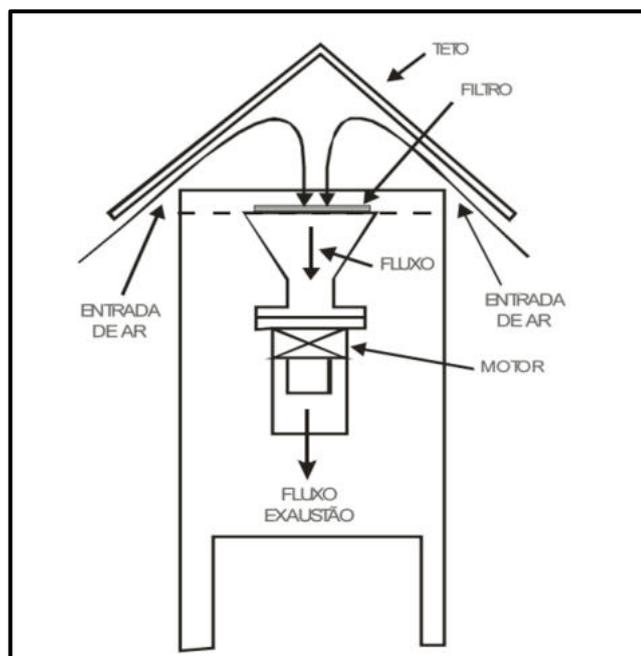


Figura 4.1.2.7.1-1 – Modelo de funcionamento de AVG TPS.

4.1.2.7.2 Metodologia Partículas Inaláveis – PI

O método para coleta de partículas totais seguiu a norma NBR 9547/1997. Não há norma brasileira para coleta de partículas inaláveis finas. Portanto, adotou-se como referência a norma americana CFR40-Part 50 (EPA, 2006). Os equipamentos utilizados foram coletores de grandes volumes, conhecidos como hivól, cujos relatórios de calibração de campo seguem anexo. As partículas atmosféricas foram coletadas em filtros de quartzo previamente pesados em balança analítica. Após a coleta os filtros foram pesados novamente para obtenção da massa de material particulado em função do volume de ar coletado. Todas as pesagens foram feitas em triplicata até peso constante. Antes de cada pesagem os filtros foram acondicionados durante 24 horas em temperatura e ambiente controlados, conforme norma técnica. A umidade relativa permaneceu entre 20% e 45% com uma variação de $\pm 5\%$. E a temperatura permaneceu entre 15 a 30°C com uma variação de $\pm 3^\circ\text{C}$. O cálculo de concentração do material particulado foi feito a partir da massa em função do volume de ar coletado.

4.1.2.7.3 Metodologia para coletas de NO₂

A coleta de NO₂ foi feita de forma ativa, utilizando cartuchos de sílica gel imobilizada com grupos octadecil (C-18), previamente limpos com solução aquosa de metanol 5%,

impregnada com solução de trietanolamina/acetona/etilenoglicol, com vazão média de 1,2 L min⁻¹ (UGUCIONE et al, 2002). Esta coleta foi feita em triplicata. A extração do NO₂ sorvido no cartucho C-18 foi realizada com 5 mL de solução aquosa de metanol 5%. Ao extrato foi adicionado o reagente de Griess-Saltzman (ácido sulfanílico, N-(1-naftil) -etilenodiamina/ácido acético), sendo determinado por espectrofotometria em comprimento de onda de 540 nm. Como padrão utilizou-se soluções de nitrito de sódio P.A. Essa metodologia foi baseada na metodologia padrão do Standard Methods (ASTM, 2011).

4.1.2.7.4 Resultados e discussão

Os resultados de concentração dos parâmetros avaliados estão descritos na tabela 4.1.2.7.4-1:

Tabela 4.1.2.7.4-1 - Resultados de concentração dos parâmetros avaliados

DATA	PARÂMETRO	CONCENTRAÇÃO
15/10/2015	PTS	48,0 µg/m ³
	MP2,5	43,5 µg/m ³
16/10/2015	PTS	101,6 µg/m ³
	MP2,5	78,3 µg/m ³
01/12/2015	NO ₂	33,8 ± 0,4 µg/m ³
02/12/2015	NO ₂	8,7 ± 0,9 µg/m ³

4.1.2.7.5 Conclusão

Os valores de concentração de PTS estão abaixo do valor recomendado pela resolução do CONAMA 03/1990 para 24 horas quanto aos padrões primário (240 µg/m³) e secundário (150 µg/m³) de qualidade do ar.

Para concentração de MP_{2,5} não há regulamentação brasileira. Os valores obtidos nos dias 15 e 16 de outubro de 2015 excederam o estipulado pela norma americana em 17 % e 52 %, respectivamente.

Ressaltamos que os locais de coleta de material particulado foram diferentes, refletindo nos resultados obtidos. No dia 16/10/2015 foram observadas fontes potenciais de partículas atmosféricas próximas ao local de coleta, provenientes de movimentação veicular.

Os valores de concentração obtidos para NO₂ nos dias 01 e 02 de dezembro de 2015 também estiveram abaixo do estipulado pelo CONAMA 03/1990, segundo os padrões primário e secundário de qualidade do ar (100 µg/m³).

O estudo é bastante representativo para as áreas diretamente afetadas e para a área de estudo local. Ressalta-se que no ponto 2 é um local próximo à EMBRAPA e onde fica localizada uma estação meteorológica.

Abaixo a lista de anexos:

- Anexo 1 - Certificados de calibração;
- Anexo 2 - Relatórios da UFAM – amostragem de ar;
- Anexo 3 - Imagens obtidas durante as amostragens.

4.1.3 Simulação e Análise de Trajetórias de Massas de Ar em Manaus Utilizando Modelagem de Dispersão de Poluentes

Objetivo

Trajetoórias de massas de ar subsidiam informações importantes para avaliar os potenciais efeitos das emissões de poluentes na qualidade do ar, incluindo saúde humana, visibilidade e efeitos no clima local e regional. Este relatório técnico avalia a dispersão de poluentes emitidos vento acima da cidade de Manaus utilizando simulações numéricas de retro trajetórias de massas de ar e observações de vento na superfície.

Método de trabalho

4.1.3.1 Caracterização e localização da área de estudo

Nas áreas de estudo ADA 1 e ADA 2 dentro do município de Manaus para estudos de modelagem de poluição do ar considera-se as classificações climáticas já estudadas no município.

As áreas de estudo em Manaus (ADA 1 e ADA 2) são características de floresta tropical úmida densa de terra firme, típica da porção central da região amazônica. A altura média da vegetação é de 30m, mas varia consideravelmente no intervalo de 20 a 45 m em área de floresta densa de terra firme. A cobertura vegetal em áreas de platô e vertente, por exemplo, variam de 30 a 40m. A cobertura vegetal é densa e frequentemente alterada por manchas de floresta aberta, cuja composição florística da área é bastante heterogênea com índice de Shannon-Wiener acima de 4,30 (Higuchi et al., 1997).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo “Amw”, caracterizado como quente e úmido e denominado também de tropical chuvoso, pois apresenta temperaturas, umidades e precipitações elevadas. A temperatura média anual é de 26,7 °C, com valores de mínima e máxima de 23,5 °C e 31,2 °C respectivamente, sendo a umidade relativa média anual de 84% (Fisch et al., 1998). Quanto a precipitação pluviométrica, existem três mecanismos de macro e mesoescala produtores de chuva na região: convecção diurna resultante

do aquecimento da superfície, linhas de instabilidade de propagação de N-NE do interior desde a costa atlântica, e conglomerados convectivos associados a sistemas frontais de S-SE que organizam a formação de uma banda de nuvens orientadas no sentido NW-SE, causando chuvas na região ao longo dos meses de verão no HS durante os quais este sistema é mais intenso (Oliveira & Nobre, 1985; Molion et al., 1988; Fisch et al., 1998). O regime pluviométrico resulta do movimento anual da Zona de Convergência InterTropical (ZCIT) causando um período “seco” local com precipitação (PRP) ~ 60 mm e valores médios de radiação solar de 15-200 W/m², entre fevereiro e abril, e outro chuvoso (PRP ~ 350 mm), entre os meses de agosto e setembro, nos quais os valores de radiação são maiores, com máximos de ~ 300 W/m² (Marengo & Nobre, 2001, Da Rocha, et al., 2009). A Figura 1 mostra os valores médios “climatológicos” observados na torre micrometeorológica do K34 em Manaus, entre 1999-2009, para temperatura, umidade, radiação e precipitação (Da Rocha et al., 2009). Os valores médios climatológicos observados são representativos da Amazônia central e, portanto, da área experimental de medidas atmosféricas que estão sendo feitas na EMBRAPA, localizada no km 28 da rodovia AM-010, 40 km ao norte do centro de Manaus, muito próximo à região onde fica a ADA 1. O sítio experimental da EMBRAPA opera um conjunto de instrumentos para medições de parâmetros atmosféricos desde 2009 e localiza-se a 10 km (em linha reta) da área delimitada para a implantação da mineradora Caulim/Kalamazon.

As medidas micrometeorológicas no K34, realizadas continuamente desde 1999 na Reserva Florestal do Rio Cuieiras, foram consideradas aqui representativas da área experimental da EMBRAPA e da mineradora (devido à proximidade entre os sítios < 50 km). A torre do K34 é mantida atualmente pelo LBA (Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia), um programa de cooperação científica internacional mantido pelo governo federal, atualmente coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). A Figura 4.1.3.1-1 mostra a localização geográfica do local de medição dos parâmetros meteorológicos utilizados neste relatório. Os resultados abaixo foram obtidos na torre do K34.

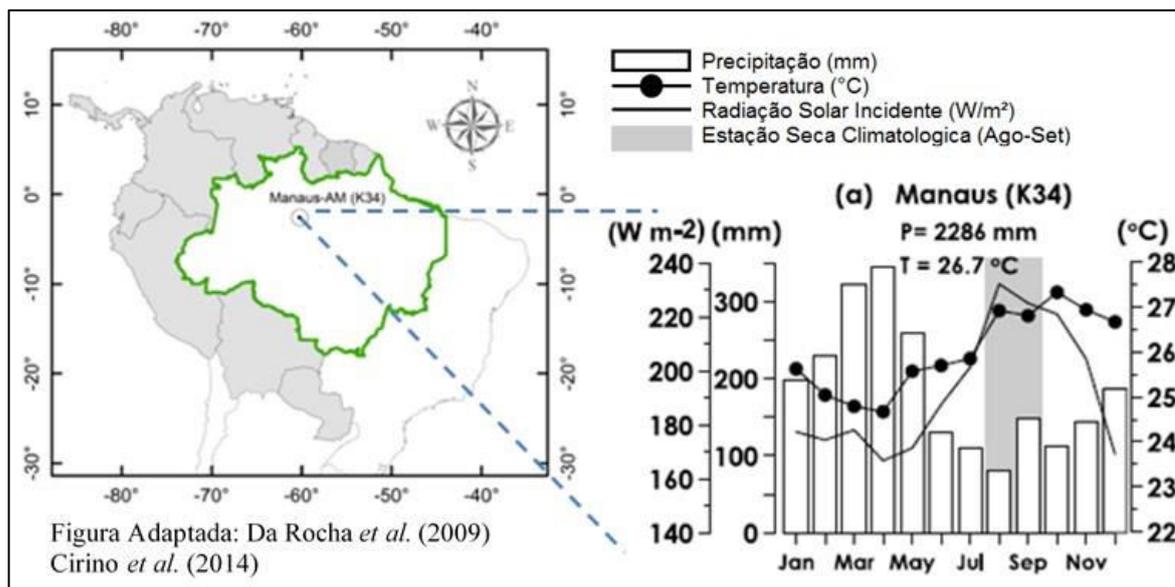


Figura 4.1.3.1-1 – Mapa de localização geográfica da área de estudo. A torre micrometeorológica instalada na Reserva Florestal do Rio Cuieiras (K34) foi utilizada na determinação dos valores meteorológicos típicos encontrados na área de estudo. Os dados foram gerados como parte do programa LBA /INPA.

4.1.3.2 Instrumentação e medidas experimentais

Todas as medidas e análises realizadas neste estudo foram realizadas ao longo do ano de 2014, entre janeiro e dezembro. Além das medidas meteorológicas do K34 (1999-2009), utilizadas aqui na caracterização geral da área de estudo, medidas adicionais, como velocidade e direção do vento também foram realizadas em outros dois sítios. A fim de validar as estimativas das trajetórias de massas de ar simuladas numericamente, utilizou-se neste estudo um conjunto de medidas de vento (velocidade e direção), acima e abaixo da cidade de Manaus. As medidas de vento de superfície foram realizadas na EMBRAPA, vento acima de Manaus, e no T3, vento abaixo da cidade e distante 100 km da área da mineradora aproximadamente.

Estações Meteorológicas Automáticas AWS (*Automatic Weather Station*) foram utilizadas na medição de variáveis, tais como: radiação solar (W/m^2), pressão atmosférica (mb), velocidade (m/s) e direção do vento (graus), temperatura ($^{\circ}C$) e umidade relativa do ar (%). Utilizou-se um radiômetro para medição da radiação solar global (na faixa espectral de comprimento de onda entre 0,3 e $3\mu m$) e sensores similares, porém invertidos, para medir a radiação termal e radiação solar refletida, com erros estimados em $\pm 1\%$, incluindo um saldo-radiômetro para o saldo de radiação. A temperatura foi medida com termômetros de bulbos

úmido e seco de resistência de platina inserido em um psicrômetro aspirado com precisão de $\pm 0,10$ °C. A velocidade do vento foi medida com anemômetros de conchas metálicas com velocidade de partida de 0,3 a 0,4m.s⁻¹ e a precipitação pluviométrica medida com um pluviógrafo de balança, com precisão de $\pm 0,2$ mm.

4.1.3.2.1 Descrição do modelo numérico utilizado na simulação das trajetórias

Um conjunto de aproximadamente 6000 trajetórias foi utilizado na identificação da posição de massas de ar sobre os locais de medição, entre Janeiro e Dezembro de 2014. As trajetórias simuladas foram comparadas com o vento local medido no sítio experimental T0 e T3, vento sítios vento acima e abaixo da cidade de Manaus, respectivamente. Os cálculos numéricos das trajetórias foram feitos por meio do modelo computacional HYSPLIT (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory*). O sistema completo permite desde o cálculo de simples retro trajetórias de massas de ar até simulações avançadas de dispersão, incluindo deposição seca e úmida de poluentes. O método aplicado no cálculo das trajetórias é “híbrido”, com aproximações Eulerianas e Lagrangianas, onde as concentrações são calculadas em uma grade fixa e a advecção e a difusão simuladas em uma estrutura lagrangiana (Draxler et al, 2007; Stein et al., 2007). A dispersão do poluente pode ser calculada assumindo um modelo de lufada (do inglês “puff”) ou de partícula. No modelo de lufada, o poluente se expande até exceder o limite do ponto de grade meteorológico, quando então é dividido em várias novas lufadas, cada uma com sua parcela da massa original do poluente. No modelo de partícula, um número fixo de partículas é advectado sobre o domínio do modelo pelo campo de vento médio e misturado pela turbulência.

4.1.3.2.2 Configuração do modelo

Neste estudo utilizou-se a configuração padrão do modelo, que assume uma distribuição tridimensional das partículas (horizontal e vertical). O HYSPLIT pode ser utilizado em coordenadas sigma, de pressão, natural e isentrópica. A resolução espacial e o tamanho da grade das simulações, bem como a forma de coletar seus dados, são definidos pelo usuário. Utilizou-

se aqui o HYSPLIT4 v761 para realizar cálculos de retro trajetórias numa resolução de 0.5°, começando 100 m acima de cada um dos locais de medição (Figura 1). As integrações utilizadas nas simulações foram de 30-min, para todo o ano de 2014. Assim, para cada local de medida obteve-se 17520 retro trajetórias, cada uma com 14 dias de duração, permitindo avaliar o histórico de percurso das massas de ar nas escalas local, regional e remotas (grande escala). Equações diferenciais permitem o cálculo de trajetórias com direções “*forward*” e “*backward*”, dependendo do tempo de referência escolhido. Trajetórias do tipo “*forward*” são calculadas em relação ao instante presente (seguindo a data de inicialização do modelo) e trajetórias reversas, do tipo “*backward*”, são calculadas com base no tempo passado. Neste estudo, optou-se por trajetórias do tipo “*backward*” (retro trajetórias).

4.1.3.2.3 Dados de entrada

Para que o modelo HYSPLIT4 faça o cálculo das retro trajetórias de massa de ar é necessário fornecer como entrada os seguintes campos meteorológicos: vento horizontal e vertical, energia cinética turbulenta e precipitação. Neste trabalho, utilizamos os dados do “Global Data Assimilation System” (GDAS) que é o sistema de assimilação de dados utilizado pelo modelo “Global Forecast System” (Draxler, 2007). No sistema de assimilação GDAS, rodado operacionalmente no “*National Weather Service's National Centers for Environmental Prediction*” (NCEP), os seguintes tipos de observação são considerados: observações de superfície, de balões meteorológicos, de perfiladores de vento, de aviões, de boias, radares e de satélites. Além das análises computacionais e de previsão do GDAS, foram incluídas também informações tais como, latitude, longitude, tipo de trajetória (neste caso, optou-se por simulações do tipo “*backward*” ou de retro trajetórias), datas e horários de coleta das amostras, número de rodadas por hora, número de trajetórias inicializadas em diferentes níveis e espessura da MSL (Camada de Mistura) em relação ao solo, limitada neste estudo a 1000 m para evitar efeitos indesejados da dispersão vertical da pluma sobre as medidas de concentração. O sistema combina esta variedade enorme de tipos de dados de entrada, em formatos diferentes, e com resolução espacial e temporal diferentes, e produz estatisticamente uma estimativa ótima dos campos meteorológicos em um dado instante de tempo (Cirino, 2015). Como o modelo é espectral e em coordenada sigma, o resultado precisa ser convertido para pontos de grade e níveis de pressão. Isto é feito nos Estados Unidos (US) pelo laboratório Nacional de

Administração Oceânica e Atmosférica, “NOAA’s *Air Resources Laboratory*” (ARL) que guarda as análises em uma grade regular de 1° x 1° no espaço, 18 níveis de pressão e 3h de intervalo no tempo, no formato padrão da “*World Meteorological Organization*” (WMO): arquivo binário em ponto de grade (GRIB, *gridded binary*).

4.1.3.2.4 Saída do modelo

O modelo de trajetória gera seu próprio arquivo texto de saída com as posições finais de cada trajetória, em formato (ASCII). O programa de visualização de trajetórias compila os arquivos com as posições finais de cada trajetória. As principais variáveis de saída do modelo contidas no arquivo ASCII foram listadas na tabela do ANEXO 4 para uma melhor visualização dos parâmetros utilizados neste trabalho.

4.1.3.3 Resultados e Discussões

4.1.3.3.1 Variação sazonal das trajetórias de massas de ar simuladas na área de estudo

A Figura 4.1.3.3.1-1 mostra a influência de massas de ar do Hemisfério Norte (HN) e norte da África (Saara) durante os meses chuvosos e também a influência das massas oriundas das áreas de floresta tropical e savana da África durante os meses menos chuvosos na região Amazônica. O objetivo central dos resultados apresentados na Figura é mostrar a influência anual de massas de ar remotas, advindas do hemisfério norte (HN) e de regiões da África nas áreas de influência da mineradora. Os resultados mostram que independentemente da época do ano, a direção do vento é sempre oriunda dos setores NE-E (Figura 4.1.3.3.1-1(a) e Figura 4.1.3.3.1-1(c), sendo que as massas de ar são transportadas preponderantemente na superfície, sem dispersões verticais significativas (Figura 4.1.3.3.1-1(b) e Figura 4.1.3.3.1-1(d). Estes resultados foram confirmados por sensores de vento instalados na superfície, vento acima e abaixo da cidade de Manaus nos sítios experimentais de medidas da EMBRAPA e do T3, respectivamente.

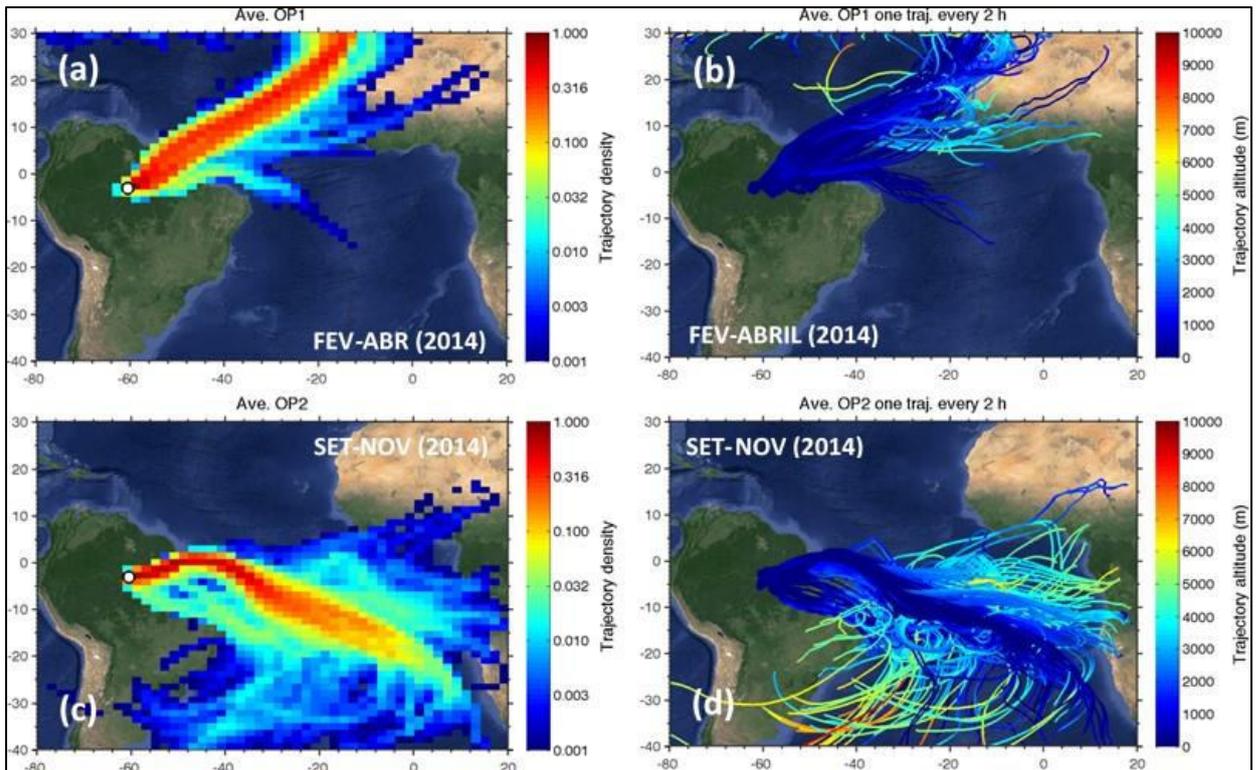


Figura 4.1.3.3.1-1 – Mostra a variação anual das trajetórias de massas de ar na região da área de estudo. Os resultados são representativos das estações chuvosa (Fev-Abr/2014) e seca local (Set-Abr/2014).

4.1.3.3.2 Distribuição espacial de queimadas nas estações chuvosa e seca local

As queimadas contribuem significativamente nas emissões e nos fluxos de gases de “efeito estufa” como o CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano), N₂O (óxido nitroso), compostos orgânicos voláteis (VOCs) e dezenas de outros gases (Nobre e Nobre, 2002; Artaxo et al. 2006). As regiões mais afetadas por emissões de queimadas são concentradas atualmente na Amazônia, ao longo da região do arco do desmatamento (região que abrange desde o sudeste do Maranhão, incluindo o norte do Tocantins, o sul do Pará, o norte do Mato Grosso, o estado de Rondônia, o sul do Amazonas, até o sudeste do Acre), acompanhando também áreas de influência das rodovias (Fearnside, 2005; 2006; Soares-Filho et al. 2005). A composição química da atmosfera amazônica sofre grandes mudanças na época de seca, devido principalmente às emissões de gases traço e partículas de aerossóis provenientes de queimadas de pastagens e florestas, causando importantes implicações ambientais em nível local e

regional. Áreas de plumas de queimadas de 5 a 8 milhões de km² são comuns durante os meses de agosto, setembro e outubro na região (Andreae et al. 2002; Artaxo et al, 2005; 2006), evidenciando o transporte de poluentes que podem alcançar outros estados e países da Bacia Amazônica. O transporte de particulados do HN e regiões centrais da África para a Amazônia central é modulado naturalmente ao longo do ano pela variação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dinâmica de zonas de baixa e alta pressão que ocorrem, respectivamente, na superfície e em altos níveis da atmosfera durante o verão meteorológico no Hemisfério Sul (HS). Neste período as fortes correntes ascendentes, características das térmicas produzidas pelo aquecimento do continente facilitam a chegada de grande quantidade de material particulado até níveis mais altos da atmosfera, quando então os poluentes são mais facilmente transportados, afastando a pluma de poluição emitida com intenso material particulado e gases durante as queimadas para longe dos locais de origem, onde foram emitidos.

O resultado abaixo foi obtido a partir do banco de dados disponível no website do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, segundo o monitoramento de focos de queimadas PRODES/INPE (Fig. 3). Entre 1999-2015, foram estimados 4.500 focos de queimadas no Brasil durante a estação chuvosa e 22.000 focos na América do Sul (Figura 4.1.3.3.2-1(a)). Este cenário, entretanto, muda drasticamente com a chegada da estação seca local na Amazônia, onde registam-se 120.500 focos de incêndio na Amazônia e aproximadamente 168.700 focos na América do Sul (Figura 4.1.3.3.2-1(b)). No Amazonas os municípios com maior incidência de queimadas situam-se na porção sul-sudeste do estado, com cerca de 60% do número total de focos, o que caracteriza uma região de crescente impacto em desmatamento e focos de queimadas na Amazônia Central. As localizações dos focos situam-se frequentemente ao longo dos principais rios da região (Figura 4.1.3.3.2-1(b), ver quadrículo vermelho). Foi observada significativa variação do número de queimadas ao longo da última década, com picos em 2005 e 2010 (resultados não mostrados). O Amazonas representou, em média, 2% dos focos de queimadas na Amazônia Legal.

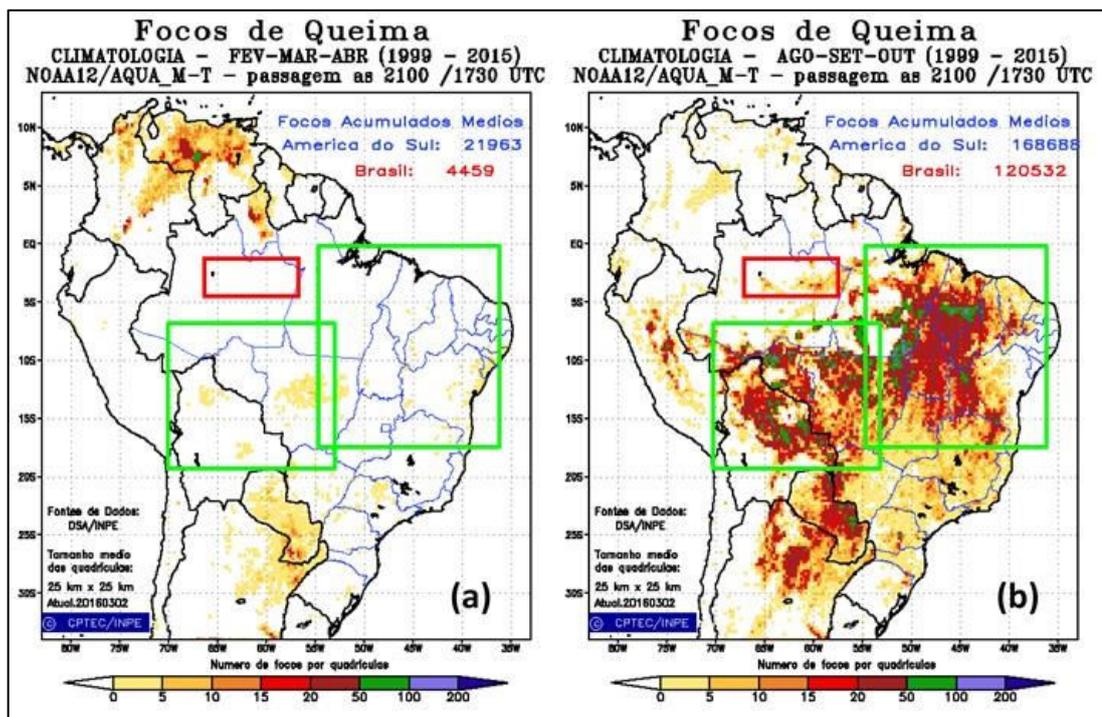


Figura 4.1.3.3.2-1 – mostra a variação do número de focos de queimadas ao longo do ano, nas porções norte e central do Brasil, incluindo região do arco do desmatamento. Os resultados são representativos das estações chuvosa (Fev-Abr/2014) e seca local (Set-Abr/2014).

Os resultados apresentados na Figura 4.1.3.3.1-1 e Figura 4.1.3.3.2-1 mostram que a área de influência das emissões de particulados e gases produzidos pela mineradora estará potencialmente afetada ao longo do ano por massas de ar oriundas não somente da porção central do Brasil (arco do desmatamento), mas também por massas provenientes do hemisfério norte e das porções norte e sul da África. Na estação chuvosa, entre janeiro e abril, mudanças nas concentrações de CO atmosférico podem ocorrer devido à entrada de massas de ar poluídas do hemisfério norte (Andreae et al., 2002). Durante a estação seca, entre agosto e setembro, especialmente devido as grandes queimadas que ocorrem no Brasil e também em regiões remotas, como na porção central da África, a composição química e física da atmosfera sobre a Amazônia central fica regionalmente afetada devido aos efeitos químicos e radiativos das partículas de aerossóis e gases emitidos na queima de biomassa florestal. Nesse período, a avaliação dos reais impactos produzidos pelas emissões da mineradora não poderá ser feita com precisão, especialmente devido à mudança de “background” regional que ocorre na composição química e física da atmosfera. A separação do sinal de poluição pela mineradora do sinal das queimadas requer métodos científicos avançados com técnicas sofisticadas de monitoramento químico de partículas e gases próximo à fonte de emissão e depende fundamentalmente da

quantidade e qualidade química do material que será emitido, incluindo tempo de transporte ou de reatividade química da poluição emitida.

4.1.3.3.3 Tempo de transporte da pluma de poluição entre os sítios experimentais

A Figura 4.1.3.3.3-1 abaixo mostra o conjunto total de retro trajetórias simuladas entre janeiro e dezembro de 2014. As caixas, vermelha e amarela no mapa, nas quais o T0e e a Mineradora ocupam o centro, representam uma área próxima de 20 x 20 km utilizada para contabilizar o número de trajetórias que efetivamente passando pelo T0e, após algumas horas alcançam cidades vento abaixo do local de emissão, incluindo neste caso o centro de Manaus e municípios mais distantes como, por exemplo, Manacapuru, aqui representado pelo sítio T3, local vento abaixo da mineradora. Os resultados mostram que aproximadamente 40% de todas as 17521 trajetórias simuladas, ou seja, ~ 6000 trajetórias (linhas verdes), atingem áreas urbanas vento abaixo da área da mineradora. Um percentual menor que 10% de todas as trajetórias simuladas (linhas roxas), não foram consideradas representativas da área de emissão da mineradora e foram descartadas da análise. Assim, as linhas verdes representam as trajetórias efetivamente usadas para avaliar a evolução da pluma de poluição da mineradora e seus potenciais impactos. Essas trajetórias satisfazem os critérios de filtragem estabelecidos na secção 2.2.1 e são ainda coincidentes em mais de 85% dos casos com o vento local observado pelo SODAR, sensor de vento instalado a 100 m de altura no T3. Os resultados apresentados nas Figura 4.1.3.3.3-2 -a e b) mostram principalmente picos com diferenças de tempo de transporte de ~ 6-7 horas entre o local de emissão da mineradora (próximo à EMBRAPA, T0e) e cidades vento abaixo do local de emissão, como Manacapuru (T3). O tempo de transporte entre os sítios é um parâmetro chave na determinação dos impactos gerados por plumas de poluição na atmosfera de grandes cidades, pois indicam o tempo de processamento entre gases e partículas, isto é, o tempo de interação entre componentes gasosos, líquidos e sólidos presentes na atmosfera de um dado lugar. A partir deste parâmetro podemos inferir sobre taxas de remoção seca, concentração do número de partículas, mudanças na distribuição de tamanho dos aerossóis e, por fim, transformações físico-químicas na composição da atmosfera (impactos climáticos locais e regionais).

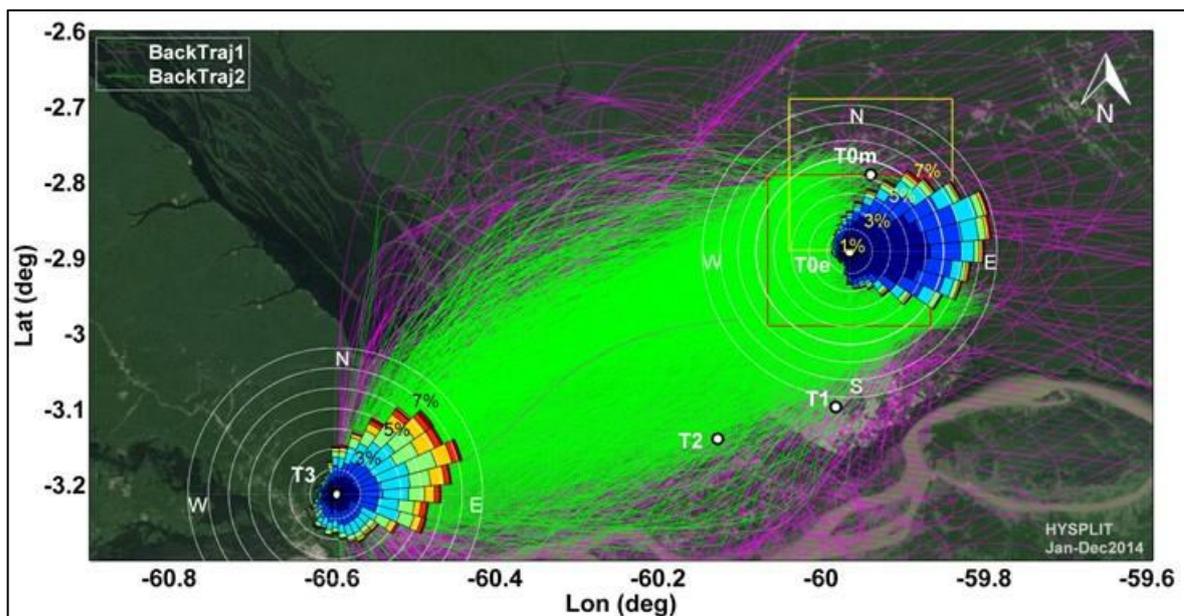


Figura 4.1.3.3.3-1 – mostra a variação anual das trajetórias de massas de ar na região da área de estudo. Os resultados são representativos das estações chuvosa (Fev-Abr/2014) e seca local (Set-Abr/2014).

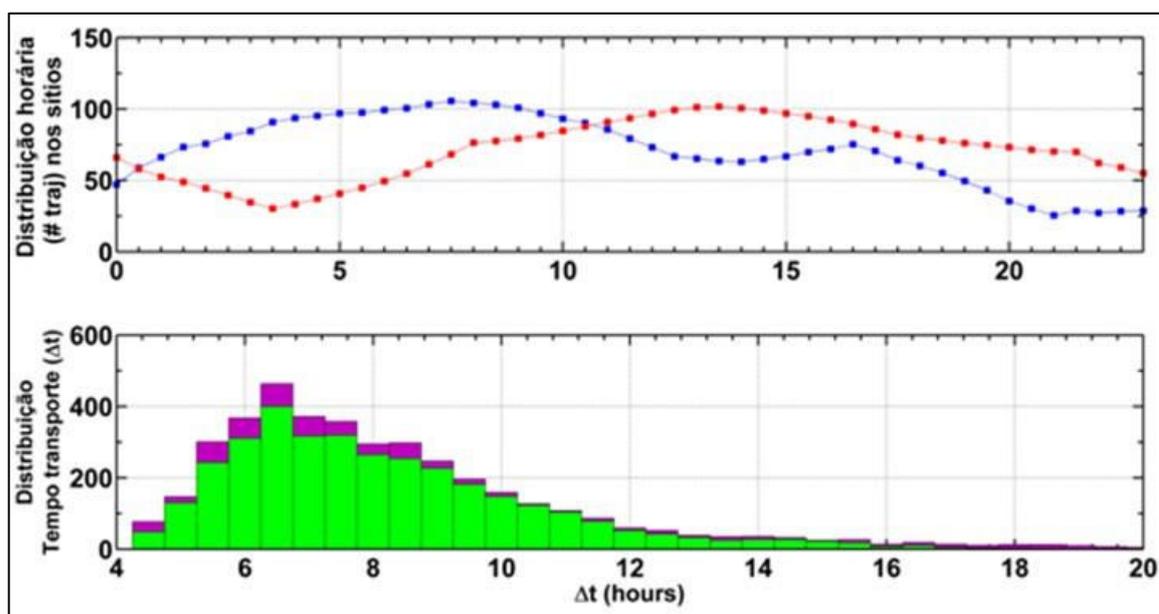


Figura 4.1.3.3.3-2 – mostra a distribuição horária do número de trajetórias observadas em cada sítio experimental (a) e a distribuição do tempo de transporte das massas de ar entre os sítios T0e, vento acima da cidade de Manaus e T3 (Manacapuru), vento abaixo da cidade (b). No painel superior (a) as linhas azul e vermelha representam respectivamente a distribuição horária das trajetórias nos sítios T0e e T3.

4.1.3.3.4 Densidade de trajetórias e a variação na concentração de poluentes

Os impactos ambientais de plumas de emissão não dependem somente da composição físico-química da atmosfera e de sua capacidade oxidativa, mas também da natureza química, e quantidade do poluente emitido. Fatores meteorológicos, tais como pressão, vento, radiação, chuva, temperatura e umidade, são também importantes agentes no processo de transformação e dispersão de plumas. Neste sentido, um importante parâmetro é a densidade de trajetórias observadas em cada *grid box*, utilizado pelos modelos numéricos na estimativa das trajetórias. Quanto maior a densidade de trajetórias em um dado *grid*, maior são as chances de ocorrer misturas químicas entre diferentes massas de ar. Baixos valores de densidade de trajetórias indicam poucas trajetórias contabilizadas em um dado *grid* e, portanto, maior dispersão horizontal do poluente emitido. Embora a relação entre densidade de trajetória e concentração de poluente não seja linear, utiliza-se este parâmetro muitas vezes como um dado *prox* (auxiliar) na estimativa ou cálculo da dispersão de um dado poluente. A distribuição de probabilidade dos impactos gerados por uma dada pluma de poluição é criticamente dependente da densidade de trajetórias observadas em cada *grid*.

Os resultados apresentados na Figura 4.1.3.3.4-1 mostram a variação espacial da densidade de trajetórias cuja origem da fonte, é um ponto central localizado na área de implantação da mineradora. A Figura 4.1.3.3.4-1 (a) representa a média das simulações encontradas durante o ano inteiro, entre janeiro e dezembro de 2014. As Figura 4.1.3.3.4-1(b) e Figura 4.1.3.3.4-1(c), são as médias das densidades de trajetórias obtidas durante meses representativos das estações chuvosa e seca local. As barras de cor representam propriamente a variação espacial da densidade de trajetórias em escalas de variação logarítmica. Os resultados mostram reduções de 90% na densidade de trajetórias nos primeiros 40-50 km do local de emissão da mineradora. Estes resultados são particularmente importantes, pois reduções de vários fatores podem ocorrer na concentração de poluentes emitidos próximo da área da mineradora, vento abaixo do local de emissão. Próximo à área de emissão, as densidades superficiais de trajetórias aumentam em cada *grid box* analisado pelo modelo de dispersão indicando um aumento na probabilidade de concentrações mais elevadas de poluentes nos primeiros 25-30 km vento abaixo da poluição emitida e forte redução nas concentrações do poluente emitido após 40-50 km. Análises mais específicas com respeito à variação ou redução na concentração dos poluentes emitidos pela mineradora requerem medidas in situ para

estimativas mais realísticas das mudanças de concentração devido ao efeito de diluição da pluma ao longo de sua evolução, vento abaixo do local de implantação da mineradora.

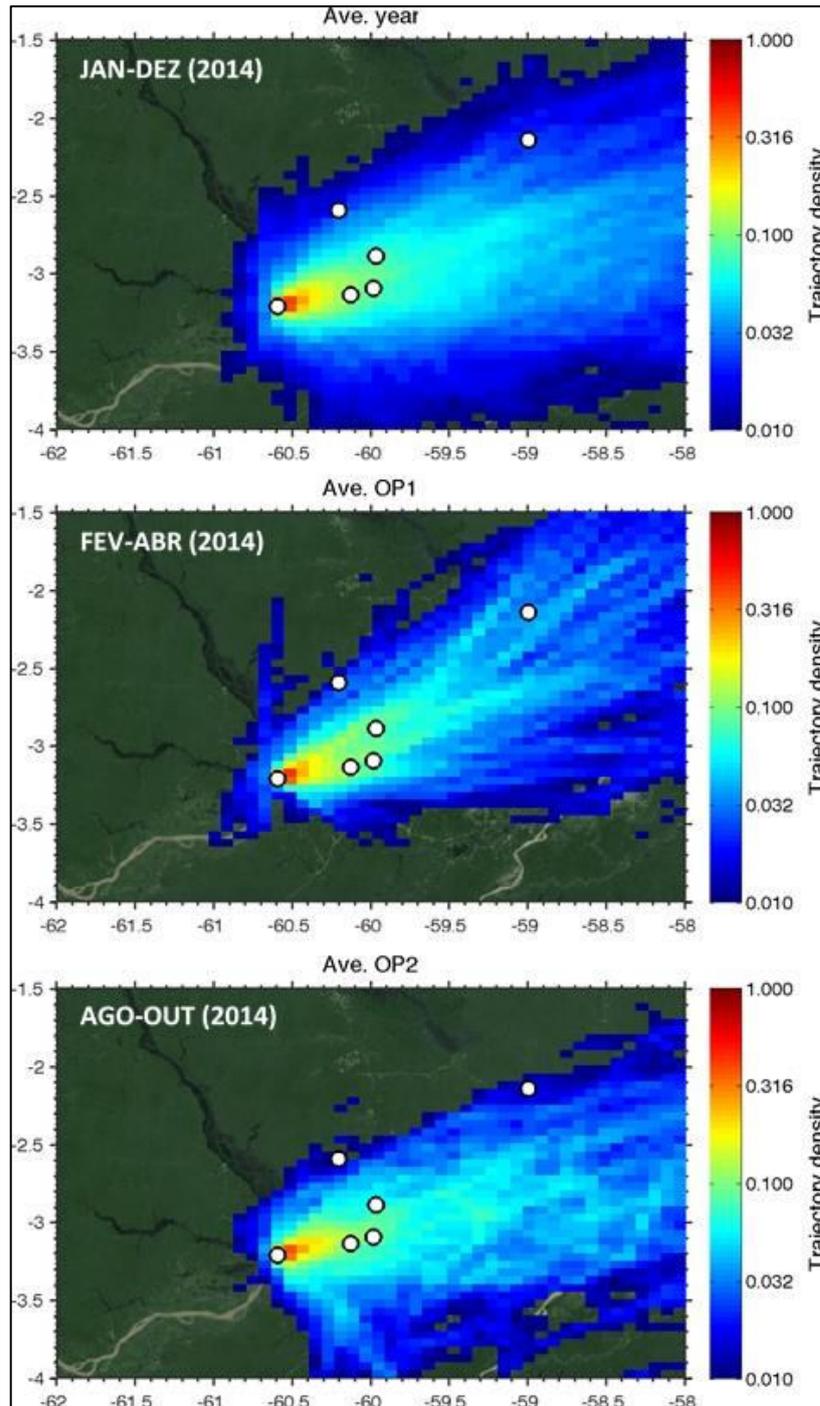


Figura 4.1.3.3.4-1 – mostra a variação anual das densidades de trajetórias de massas de ar na região de estudo. Os resultados mostrados nos painéis (a), (b) e (c) são as médias encontradas durante o ano de 2014 (a) e durante meses representativos das estações: chuvosa (b) e seca local (c). As iniciais T0a (ATTO), T0z (K34) e T0e (EMBRAPA) indicam os sítios experimentais de medidas atmosféricas vento acima da cidade de Manaus. T2 e T3 representam no mapa os sítios vento abaixo da cidade de Manaus (T1). Nos demais painéis (b) e (c), os pontos brancos representam os mesmos sítios indicados em (a).

4.1.3.4 Conclusão

Com base na técnica de modelagem numérica de dispersão atmosférica de poluentes, o presente estudo avaliou potenciais modificações na concentração de poluentes emitidos em uma área vento acima da cidade de Manaus e subsidiou informações críticas para a contabilização futura de possíveis alterações no padrão da qualidade do ar sob influência de possíveis fontes emissoras implantadas em regiões ao norte da cidade.

Ventos de superfície medidos em dois sítios experimentais, um próximo a área da mineradora e outro distante 100 km, foram utilizados estrategicamente na validação das simulações numéricas realizadas para 17521 trajetórias ao longo do ano de 2014. Os resultados simulados para o transporte de poluentes no traslado entre os sítios apresentou boa concordância com o vento local, indicando consistência entre os campos meteorológicos de vento utilizados na simulação numérica da dispersão de poluentes.

Seguindo os campos de vento utilizados na simulação foi possível determinar a direção das massas de ar e o tempo de transporte dessas massas sobre as áreas de influência da mineradora. Os resultados das simulações revelaram transportes com direções predominantes de E-NE (Este-Nordeste) e tempos de transporte bem definidos de aproximadamente 6-7 horas, considerando o transecto entre a mineradora e o sítio experimental do T3, distante ~100 km do local de emissão. Os potenciais efeitos dos poluentes emitidos pela mineradora, em áreas vento abaixo do local de emissão, dependerão fundamentalmente de fatores internos tais como, natureza química e concentração inicial de gases e partículas a serem emitidos, bem como de fatores externos, intimamente ligados ao ambiente circundante como, época do ano, período do dia, condições meteorológicas, composição química e física da atmosfera, especialmente durante o funcionamento da mineradora. Devido às mudanças de *background* regional encontradas na composição química e física da atmosfera durante a estação de queimadas na Amazônia, torna-se complexa e inviável a determinação dos potenciais impactos gerados pela mineradora nos meses de julho a outubro, ou durante o período coincidente com a queima regional de biomassa florestal.

As projeções especializadas das densidades de trajetórias simuladas sobre as áreas de influência da mineradora foram utilizadas aqui como um dado *prox* para inferir mudanças na concentração de partículas no transecto, vento abaixo do local de emissão. As reduções de 90% na densidade de trajetórias encontradas 40-50 km próximo ao local de implantação da

mineradora indicam fortes reduções na concentração dos poluentes emitidos, especialmente devido à capacidade da atmosfera em dispersar poluentes em regiões tropicais. Entretanto a taxa de variação na concentração de poluentes ou de deposição seca ao longo do transecto não pôde ser determinada neste estudo e ainda permanece desconhecida, sendo necessário o uso de valores de condições iniciais reais utilizados nas simulações para um diagnóstico mais preciso da variação na concentração de particulados e outros poluentes emitidos pela mineradora.

Referências

Andreae, M. O.: Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments, *J. Geophys. Res.*, 107(D20), 8066, doi: 10.1029/2001JD000524, 2002.

Andreae, M. O.: Aerosols Before Pollution, *Science* (80-.), 315, 50–51, 2007a.

Andreae, M. O.: Atmosphere. Aerosols before pollution., *Science*, 315(5808), 50–51, doi:10.1126/science.1136529, 2007b.

Andreae, M. O., et al., The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology, trace gases, and aerosols, *Atmos. Chem. Phys.*, 15(18), 10723–10776, doi:10.5194/acp-15-10723-2015, 2015.

Artaxo, P., Oliveira, P. H., Lara, L. L., Pauliquevis, T. M., Rizzo, L. V, Junior, C. P., Paixão, M. A., Longo, K. M., Freitas, S. D. E., Física, I. De, Paulo, U. D. S., Matão, R., Travessa, R., Paulo, S.: Efeitos Climáticos De Partículas De Aerossóis Biogênicos E Emitidos Em Queimadas Na Amazônia, *Rev. Bras. Meteorol.*, 168–189, 2006.

Artaxo, P., Rizzo, L. V, Brito, J. F., Barbosa, H. M. J., Arana, A., Sena, E. T., Cirino, G. G., Bastos, W., Martin, S. T. and Andreae, M. O.: Atmospheric aerosols in Amazonia and land use change: from natural biogenic to biomass burning conditions, *Faraday Discuss.*, 165(0), 203–235, doi: 10.1039/C3FD00052D, 2013.

Draxler, R. R.: Demonstration of a global modeling methodology to determine the relative importance of local and long-distance sources, *Atmos. Environ.*, 41(4), 776–789, doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.08.052, 2007.

Freitag, S., Clarke, A. D., Howell, S. G., Kapustin, V. N., Campos, T., Brekhovskikh, V. L. and Zhou, J.: Combining airborne gas and aerosol measurements with HYSPLIT: a visualization tool for simultaneous evaluation of air mass history and back trajectory consistency, *Atmos. Meas. Tech.*, 7(1), 107–128, doi:10.5194/amt-7-107-2014, 2014.

Freitas, S. R., Longo, K. M., Silva Dias, M. a F., Silva Dias, P. L., Chatfield, R., Prins, E., Artaxo, P., Grell, G. a. and Recuero, F. S.: Monitoring the transport of biomass burning

emissions in South America, *Environ. Fluid Mech.*, 5(1-2), 135–167, doi:10.1007/s10652-005-0243-7, 2005.

Stull, R. B. *Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer, 1988.

Soares-Filho, B., Alencar, A., Nepstad, D., Cerqueira, G., Del Carmen Vera Diaz, M., Rivero, S., Solórzano, L. and Voll, E.: Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: The Santarém-Cuiabá corridor, *Glob. Chang. Biol.*, 10(5), 745–764, doi:10.1111/j.1529-8817.2003.00769.x, 2004.

Soares-Filho, B., Moutinho, P., Nepstad, D., Anderson, A., Rodrigues, H., Garcia, R., Dietzsch, L., Merry, F., Bowman, M., Hissa, L., Silvestrini, R. and Maretti, C.: Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation., *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 107(24), 10821–10826, doi:10.1073/pnas.0913048107, 2010.

Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N.: *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. [online] 2006.

4.1.4 Diagnóstico de Ruído

4.1.4.1.1 Introdução

O diagnóstico de ruído tem por objetivo a caracterização dos níveis acústicos ambientes (ruído de fundo ou *background*) existentes na área de estudo do Projeto Extração Mineral de Caulim, no Município de Manaus/AM.

Os níveis acústicos quantificam os volumes dos sons presentes nos ambientes, sendo o som um fenômeno ondulatório capaz de transportar energia na direção de propagação da onda e gerar sensação auditiva. As sensações auditivas podem ser agradáveis ou desagradáveis. O som desagradável ou indesejável é denominado ruído. O incômodo causado pelo ruído dependerá de suas características. Um som se torna indesejável quando este interfere no bem-estar das pessoas, podendo causar estresse, noites mal dormidas, em curto prazo e, em longo prazo, doenças mais graves nos indivíduos das comunidades da área diretamente afetada.

Na região do Projeto Extração Mineral de Caulim existem fontes de ruído derivadas de algumas empresas de criação de frangos, movimento de moradores, rádios, equipamentos de som, pequenas igrejas próximas à rodovia e o ruído do tráfego da própria rodovia AM-10 e ramais internos à ADA. Os restantes são transportadores de cargas, caminhões ou pequenos carros que circulam nos ramais da União e ramal do Areal, portanto, estabeleceu-se como premissa básica que o objetivo deste tema seria identificar e avaliar a condição sonora do ponto de vista destas comunidades e habitações.

Este presente diagnóstico servirá como subsídio comparativo para avaliação de eventuais impactos ambientais sobre as comunidades, causados pela inserção de ruídos em diferentes níveis de pressão acústica do conjunto de atividades ligadas às atividades do Projeto Extração Mineral de Caulim.

4.1.4.2 Metodologia para Área de Estudo Local

Legislação Aplicável a Ruídos

A Resolução CONAMA nº 1 de 8 de março de 1990 que dispõe sobre os critérios de padrões de emissão de ruídos em nível federal, define que níveis de ruído superiores aos valores

de referência indicados nessa resolução são prejudiciais à saúde e ao sossego público e que o nível de ruído produzido pelas atividades referidas no seu escopo não pode ultrapassar esses valores de referência.

O Governo Federal, através do CONAMA, define parâmetros para emissões de ruído, através das seguintes resoluções:

- Resolução CONAMA nº 1 de 8 de março de 1990: esta Resolução estabelece padrões, critérios e diretrizes para emissão de ruídos em território nacional. Este dispositivo estabelece que devem ser observados os níveis de critério de avaliação (NCA) de ruído e utilizados os métodos de medição definidos na ABNT NBR 10.151.

Após a publicação da referida Resolução (01/90), outras definiram aspectos importantes sobre poluição sonora como recomendação para fabricação de equipamentos e assuntos correlacionados.

- Resolução CONAMA nº 2 de 8 de março de 1990: institui o Programa Nacional de Educação e Controle de Poluição Sonora – Silêncio que por meio do seu artigo 1º determina: “incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil etc;
- Resolução CONAMA nº 1 de 11 de fevereiro de 1993: estabelece limites máximos de ruídos, como o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores. De acordo com essa Resolução os níveis de ruído deverão ficar entre 77 84 dB (A), conforme tipo e potência definidos na NBR 9714;
- Resolução CONAMA nº 17 de 13 de dezembro de 1995: altera a Resolução 1/93 e ratifica a Resolução 8/93 e que tem como destaques os artigos 1 a 3, que abordam modificações na carroceria e limites máximos de ruído;
- Resolução CONAMA nº 272 de 14 de setembro de 2000: define o novo limite máximo de emissão de ruído por veículos em 80 dB(A).

A poluição sonora hoje é tratada como uma contaminação atmosférica através da energia (mecânica ou acústica). Ruídos intensos e permanentes podem causar vários distúrbios, alterando significativamente o humor e a capacidade de concentração nas ações humanas.

O ruído pode ser definido como um som indesejável, constituído por variações de pressão no tempo, propagada em qualquer meio (ar, água, sólido) que o ouvido humano possa

detectar. O número de flutuações da pressão acústica no tempo, expressa em ciclos por segundo, recebe a denominação de frequência (medida em Hertz).

Ao utilizar-se o termo pressão acústica com referência ao ruído, seu conceito torna-se mais evidente, assim como a sua potencialidade em causar danos ou incômodos a terceiros. O ouvido humano pode perceber sons a partir de 0 dB (em 1000 Hertz). Para expressar os valores de ruído utiliza-se a escala decibel que varia de 0 dB, considerado o limiar da audição até 130 dB, considerado o limiar da dor.

Assim, os procedimentos e critérios de avaliação que levam em consideração a percepção e o incomodo do ponto de vista humano são estabelecidos por meio das normas e leis sobre ruídos.

Conforme requerido pela norma NBR 10.151, a classificação do tipo de uso e ocupação do solo nos pontos receptores medidos deve ser realizada por observação local imediata durante as medições dos níveis de ruído. Diante disto, a classificação de uso e ocupação nos pontos receptores não representa, necessariamente, o zoneamento oficial do município, pois frequentemente a ocupação real não está em conformidade com este zoneamento. Por outro lado, os padrões de ruído são estabelecidos em função da sensibilidade dos agentes receptores, que estão intrinsecamente relacionados com o tipo de ocupação existente.

4.1.4.2.1 Diagnóstico de ruído - ÁREA 1 e ÁREA 2

Para este diagnóstico foram utilizados dados primários com uma campanha de campo para medição dos níveis acústicos na área de estudo definida para este tema.

A localização dos pontos de monitoramento teve como premissa básica avaliar a condição sonora do ponto de vista das comunidades vizinhas ao empreendimento, levando em consideração sua distância dos limites do empreendimento e a topografia da região.

Foram realizadas avaliações de nível de pressão sonora nos seguintes pontos:

- PONTO 1 – Entrada do Ramal da União – Proximidades do Bar Amarelo (influência da Rodovia);
- PONTO 2 – Ramal da União – próximo nascente do Igarapé do Leão – 600 m da rodovia AM-10;

- PONTO 3 – Entrada do Ramal do Areal – Próximo à AM – 10 (influência da Rodovia);
- PONTO 4 - Ramal do Areal – a 1 km da rodovia da rodovia AM-10.

Em cada ponto de monitoramento foram realizadas medições acústicas com duração de cinco minutos, nos períodos diurno e noturno compreendido entre 11:00h e 13:00 h e 20:00-22:00h.

Foram realizadas duas medições acústicas para caracterizar o ruído de fundo (ou ruído ambiente na área de estudo onde se localizará o empreendimento).

Os procedimentos de campo para as medições acústicas foram realizados em conformidade com recomendações da NBR 10.151/2000, “Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade” e das normas ISO1996 Partes 1 (2003) e 2 (2007). Portanto, foram tomados os cuidados necessários para garantir qualidade apropriada aos dados registrados durante as medições acústicas em relação ao posicionamento do microfone, distâncias de superfícies refletoras, utilização de tripé, referenciados nessas Normas Técnicas.

NBR 10.151/2000

As medições do nível de pressão sonora foram realizadas com equipamento sonoro ajustado para registrar automaticamente o LAeq em intervalos de 5 segundos em dB(A) fast. Os níveis acústicos foram registrados e a partir desses valores fez-se o cálculo, conforme preconiza a NBR 10.151/2000 em seu anexo A. (Método alternativo para a determinação do LAeq. Este anexo apresenta um método alternativo para o cálculo do nível de pressão sonora equivalente, Leq, quando o medidor de nível de pressão sonora não dispõe dessa função). Nesse caso, o nível de pressão sonora equivalente, LAeq, em dB(A), deve ser calculado pela expressão:

Desta forma os resultados $L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$ são apresentados por meio dos descritores sonoros ambientais:

- Níveis de pressão sonora equivalente (LAeq): descrevem um nível de pressão sonora médio durante um determinado intervalo de tempo, na curva de ponderação “A”.
- Níveis acústicos estatísticos (LAneq – onde o n representa o percentil específico): representam uma distribuição estatística acumulada dos níveis sonoros durante a medição.

O medidor foi aferido com fonte calibrada de 94 dB, em 1000 Hz, antes e após a realização das medições acústicas, não havendo variação superior a 0,5 dB em 100 Hz entre duas aferições.

Os níveis de ruído foram diagnosticados em quatro pontos das comunidades vizinhas à área do Projeto: foram utilizados dados primários com uma campanha de campo para medição dos níveis acústicos levando em consideração sua distância dos limites do empreendimento e a topografia da região.

De acordo com as observações de campo, os principais sons, identificados como sons ambientes, nos pontos monitorados foram constituídos por ruídos provocados pelo vento e assovio de pássaros.

As medições foram realizadas no ambiente (diurno e noturno), nas proximidades das estradas. As medições foram efetuadas a 1,2 m acima do solo.

a) Marca, tipo ou classe e número de série de todos os equipamentos de medição utilizados

Decibelímetro Digital Minipa MSL-1355 - escala de operação 30-100 (banda A), com escala de compensação A e resposta rápida (Foto 4.1.4.2.1-1,), cujo certificado de calibração se encontra anexado – M00522001.



Foto 4.1.4.2.1-1 - Tipo do decibelímetro digital.



Foto 4.1.4.2.1-2 - Decibilímetro digital.

b) Data e número do último certificado de calibração do calibrador Quest.

05/10/2011 – Certificado N. RBC 9256-500 – Modelo CAL 3000 – Marca INSTRUTHERM – Validade 06/05/2016. (Anexo 5)

c) Imagem de localização dos pontos da medição;

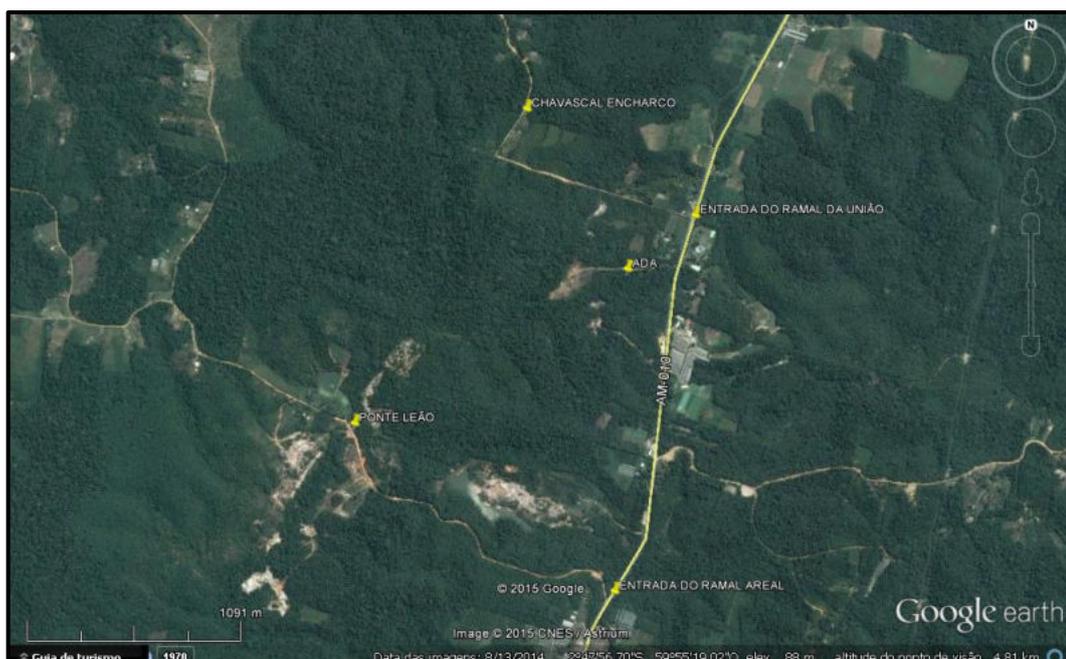


Figura 4.1.4.2.1-1 - Imagem de localização dos pontos da medição.



Figura 4.1.4.2.1-2 - Localização dos pontos da medição em mapa.

Localização dos Pontos

IDENTIFICAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS
Ponto 1	ENTRADA RAMAL UNIÃO	LONG. -59,9319 LAT. -2,79401
Ponto 2	CHAVASCAL	LONG. -59,955 LAT. -2,78453
Ponto 3	ENTRADA DO RAMAL DO AREAL	LONG. 59,93523 LAT. -2,81190
Ponto 4	PONTE IG. LEÃO	LONG. -59,9359 LAT. -2,79278

Quadro 4.1.4.2.1-1 – Identificação e localização dos pontos.

Fonte: KALAMAZON, 2015.

d) Horário e duração das medições do ruído

Horário: 9:00 às 11:00 (diurno)

Horário: 20:30 às 21:30 (noturno)

e) Nível de pressão sonora corrigido L_c , indicando as correções aplicadas;

Não se aplica

f) Nível de ruído ambiente;

Foram realizados em dB(A) em circuito fast.

g) Valor do nível de critério de avaliação (NCA) aplicado para a área e o horário da medição;

Critério: Considerando área de sítios e fazendas 40 dB (A) diurno e 35 dB(A) noturno, conforme Norma Referencial -NBR 10.151 - Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Junho/2000 (ABNT).

Tabela 4.1.4.2.1-1 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escalas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

4.1.4.2.2 Resultados

Os resultados das medições se encontram nas ilustrações abaixo (diurno).

- L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5 s, durante o tempo de medição do ruído;
- n é o número total de leituras.



Gráfico 4.1.4.2.2-1– Resultados da avaliação do ruído no Ponto 1 – Diurno.



Foto 4.1.4.2.2-1 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P1(Diurno).

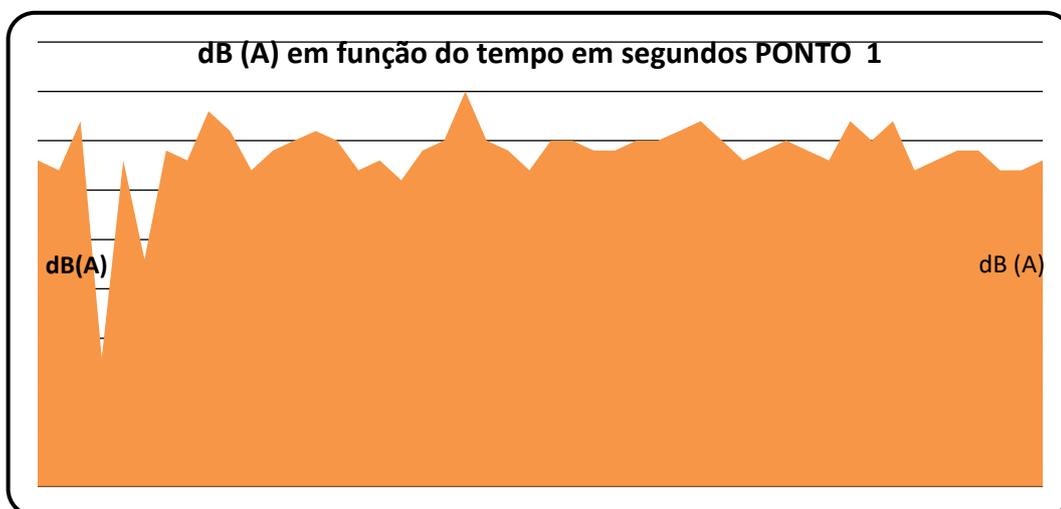


Gráfico 4.1.4.2.2-2 - Medição de ruído no ponto P1 (Noturno).

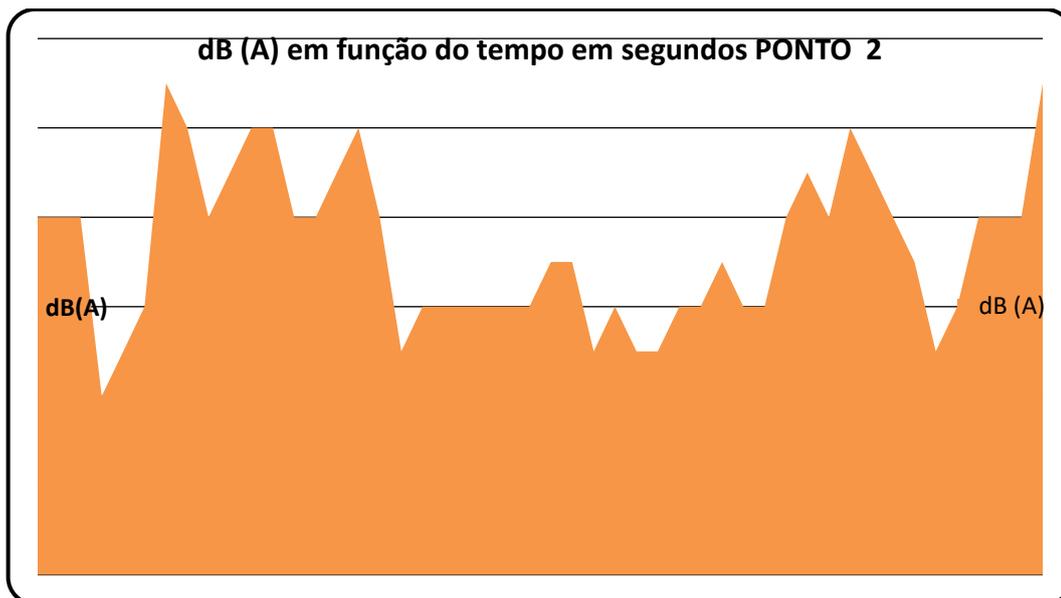


Gráfico 4.1.4.2.2-3 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído no Ponto 2 – diurno.



Foto 4.1.4.2.2-2 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P2 (Diurno).

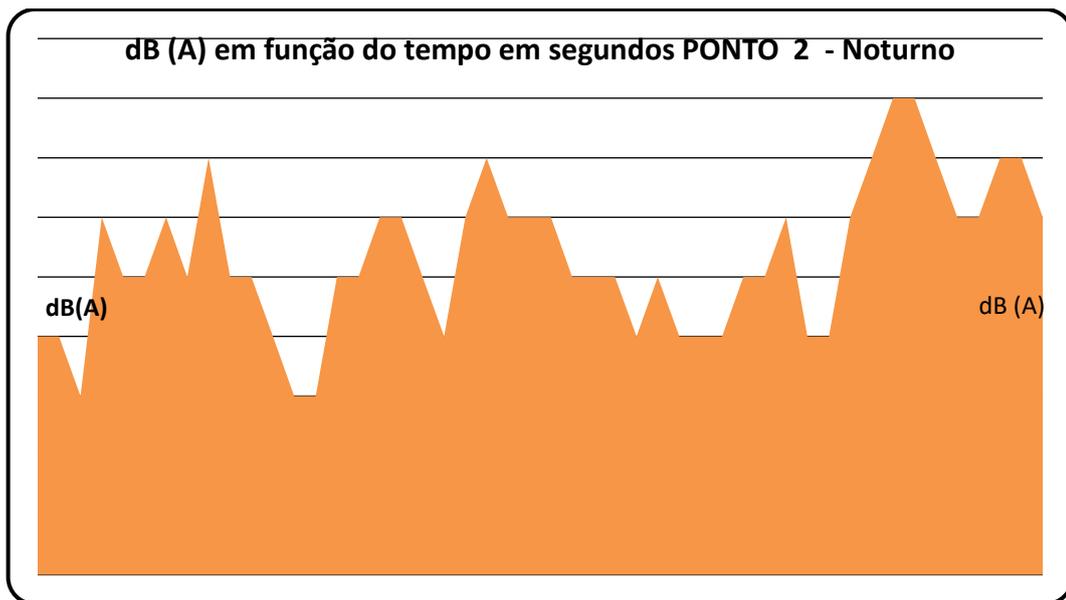


Gráfico 4.1.4.2.2-4 - Resultados da avaliação de ruído no ponto P2 (Noturno).

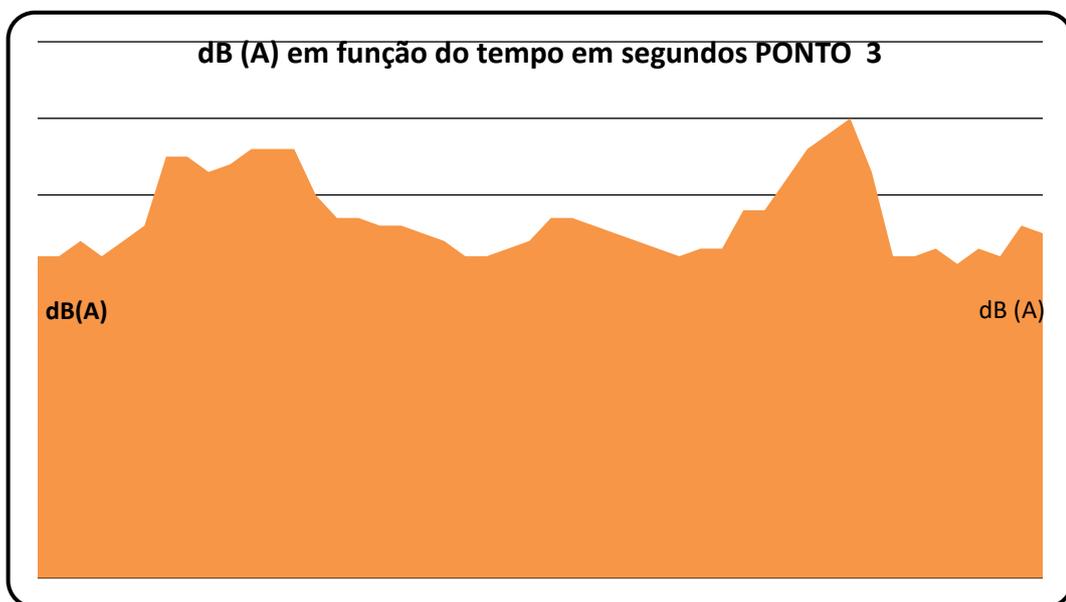


Gráfico 4.1.4.2.2-5 – Resultados da avaliação do ruído no Ponto 3 (diurno).



Foto 4.1.4.2.2-3 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P3 (diurno).

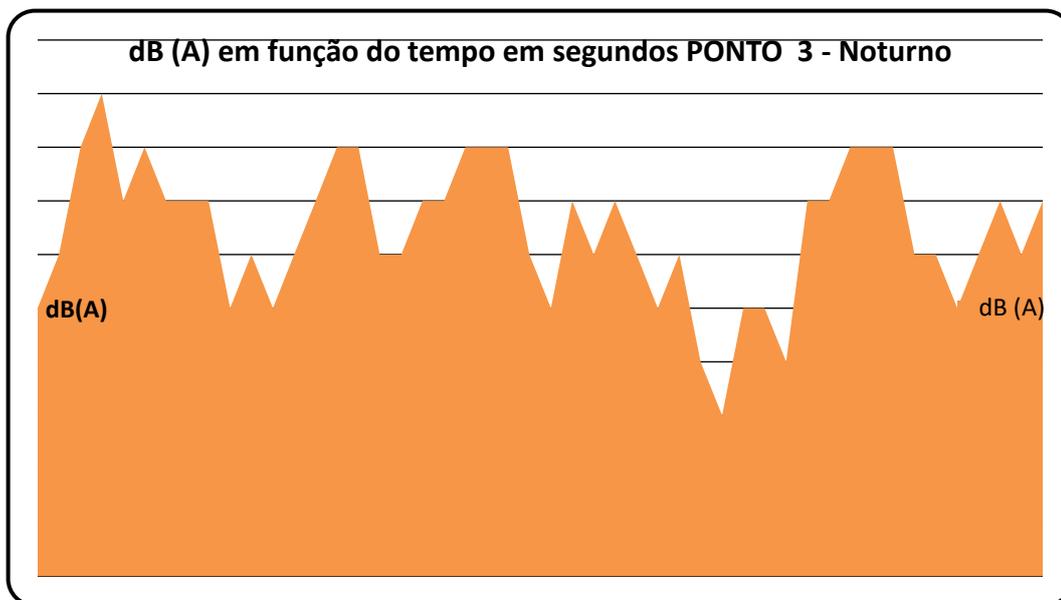


Gráfico 4.1.4.2.2-6 – Resultados da avaliação do ruído no Ponto 3 (noturno).

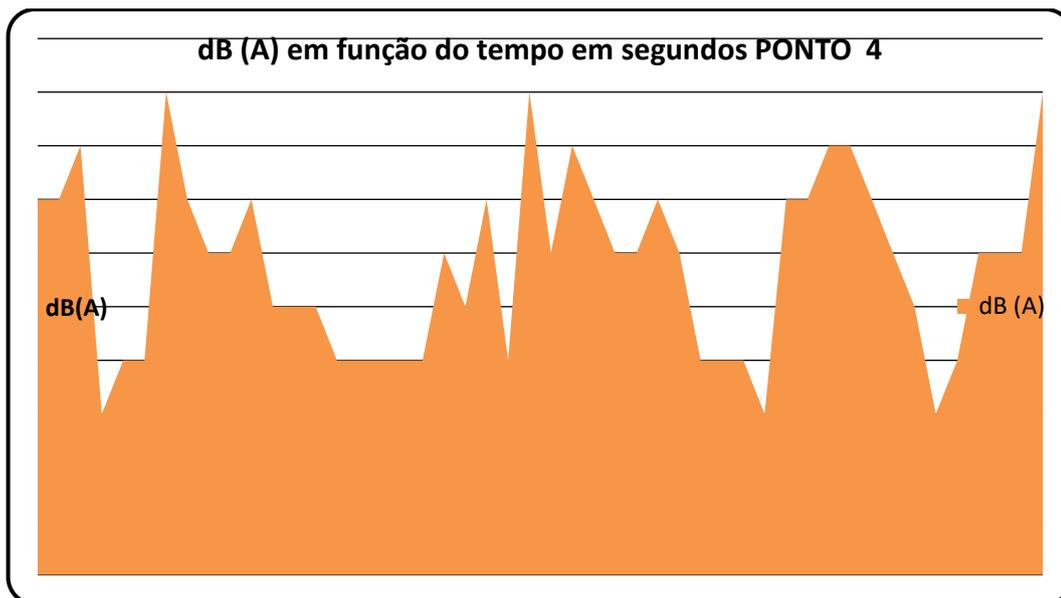


Gráfico 4.1.4.2.2-7 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído no Ponto 4 (diurno).



Foto 4.1.4.2.2-4 - Imagem da amostragem durante medição de ruído no ponto P4 (diurno).

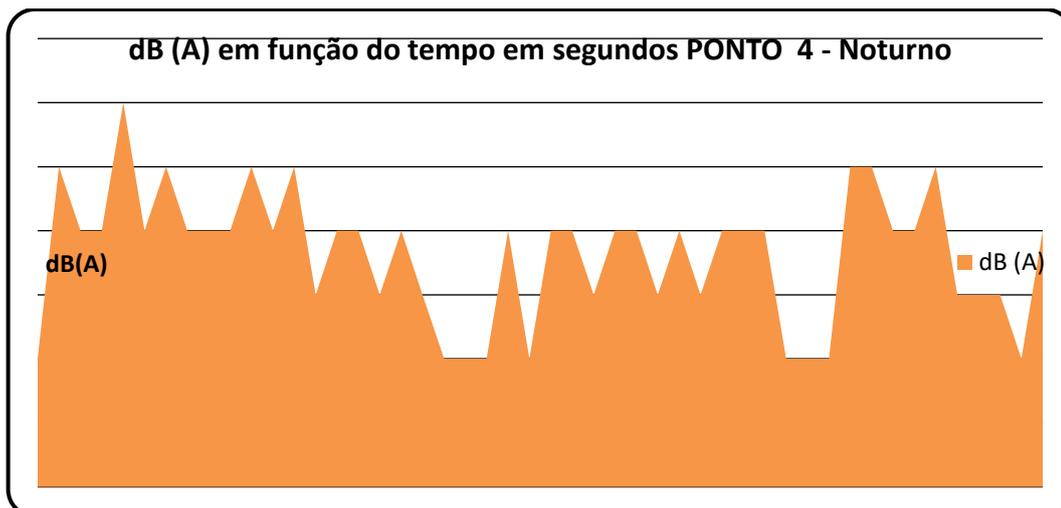


Gráfico 4.1.4.2.2-8 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído no Ponto 4 (noturno).

Tabela 4.1.4.2.2-1 – Ruídos Médios – diurno e noturno

RUÍDO DIURNO dB(A) Fast	RUÍDO NOTURNO dB(A) Fast
42,0	34,1
39,3	33,3
42,3	35,4
37,2	33,6

Fonte: KALAMAZON, 2015.

ÁREA 2

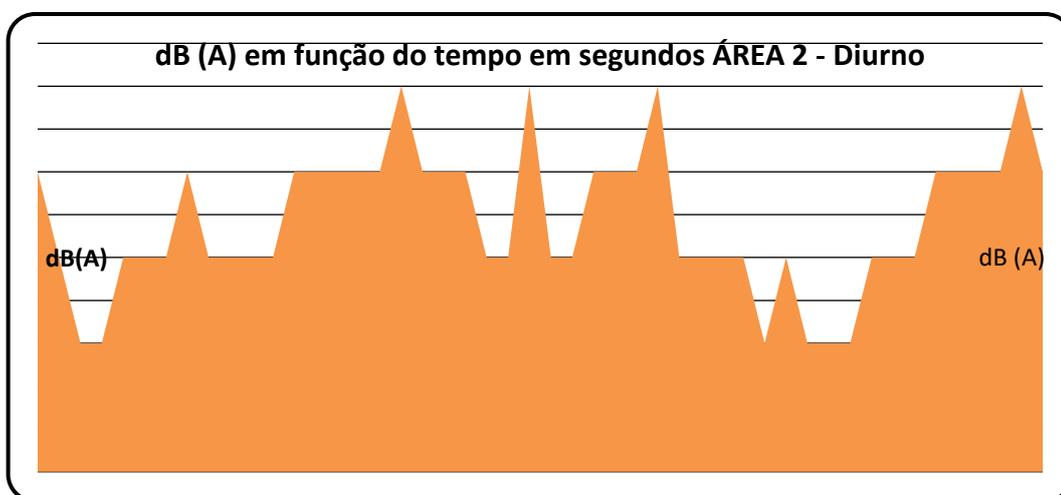


Gráfico 4.1.4.2.2-9 – Gráfico dos resultados da avaliação do ruído na área 2 (diurno).

4.1.4.2.3 Conclusões

Considerando área de sítios e fazendas 40 dB (A) diurno e 35 dB(A) noturno, conforme Norma Referencial -NBR 10.151 - Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Junho/2000 (ABNT), os valores estão no limite para o período diurno.

4.1.5 Geologia e Geomorfologia

4.1.5.1 Geologia

A geologia da região é representada basicamente pela Formação Alter do Chão conforme a Figura 4.1.5.1-1, de idade Cretáceo/Terciária. Ela recobre discordantemente o Grupo Trombetas da Bacia Amazônica (CAPUTO et al., 1972), conforme a carta estratigráfica da figura. A Formação Alter do Chão é constituída por sub-arcóseos, arcóseos, arcóseos wackes e lamitos caulínicos. O ambiente de sedimentação da Fm Alter do Chão é fluvial, e é interpretado nas áreas de pesquisa como de fácies de leques aluviais e canal braided.

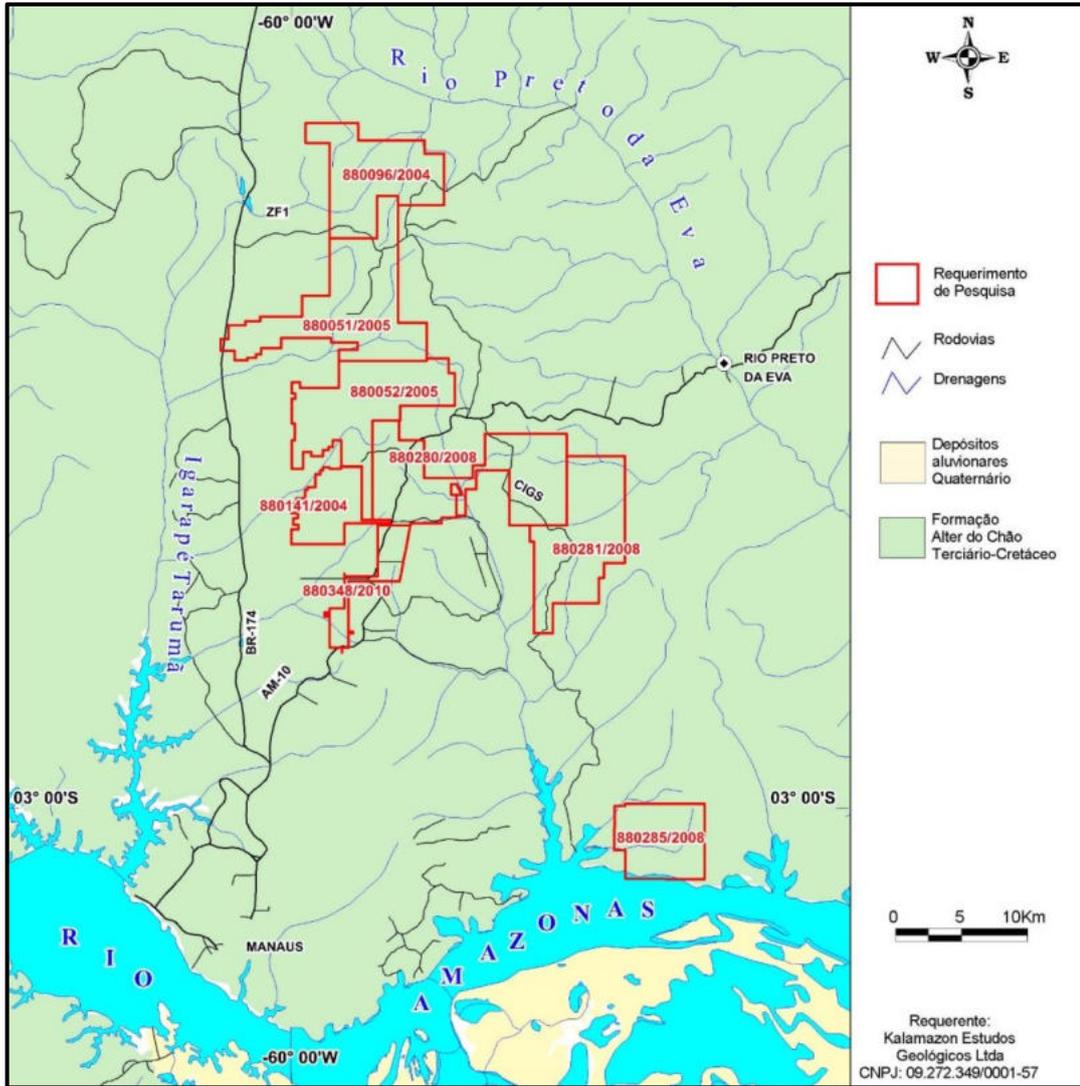


Figura 4.1.5.1-1 – Localização das áreas de pesquisa no contexto geológico regional.

Fonte: CPRM, Mapa Geológico da Amazônia, 2000.

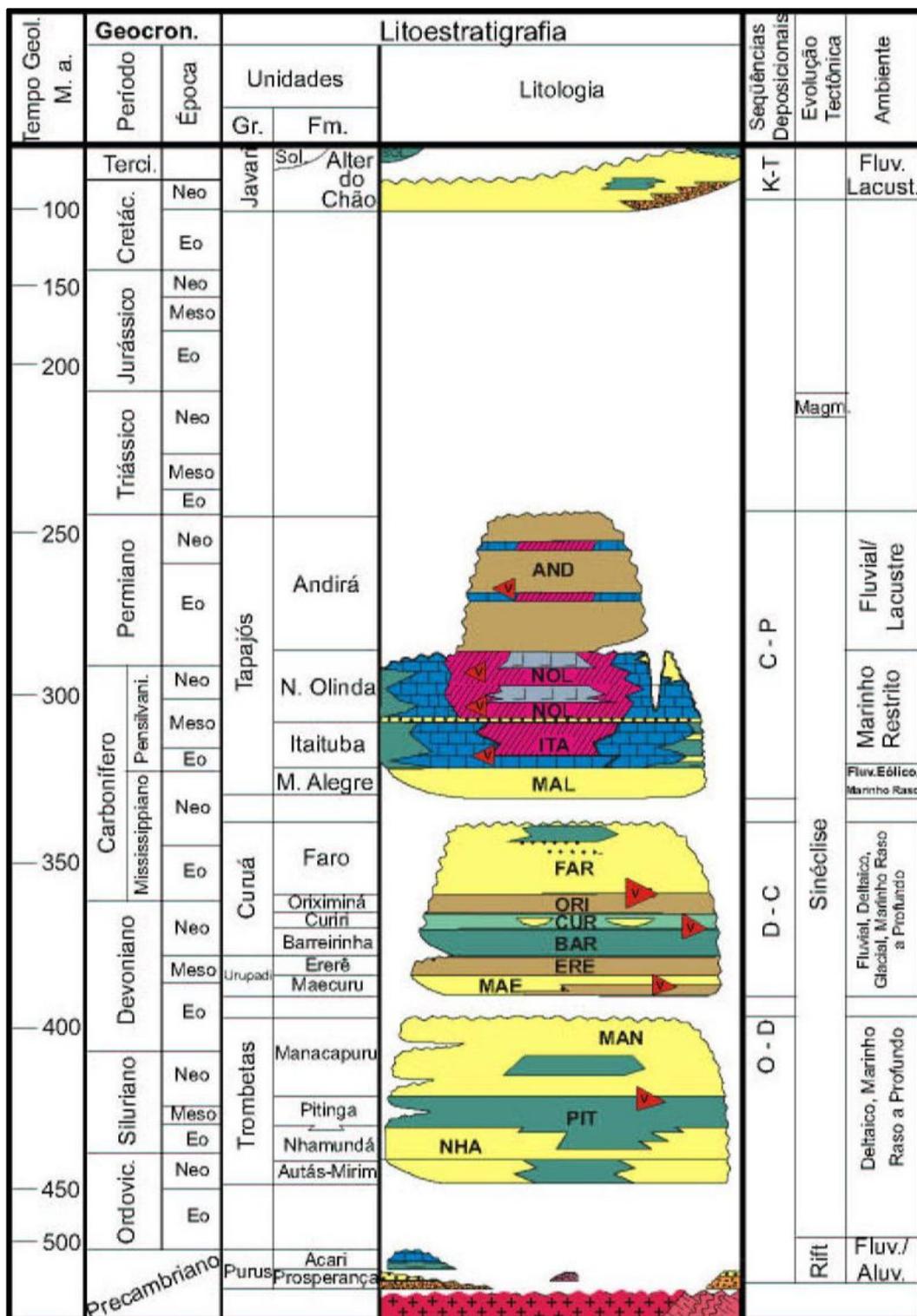


Figura 4.1.5.1-2 – Coluna estratigráfica da bacia do Amazonas.
 Fonte: PETROBRÁS, 1998.

Um perfil litológico parcial da formação Alter do Chão pode ser visto em alguns afloramentos de corte de estradas ao longo das rodovias BR-174 e AM-010, e nas margens de igarapés e barrancos de rios, onde a erosão mais profunda favorece a exposição das rochas sedimentares. A Figura 4.1.5.1-3 apresenta o perfil litológico da Formação Alter do Chão na rodovia AM-010 / km 198.

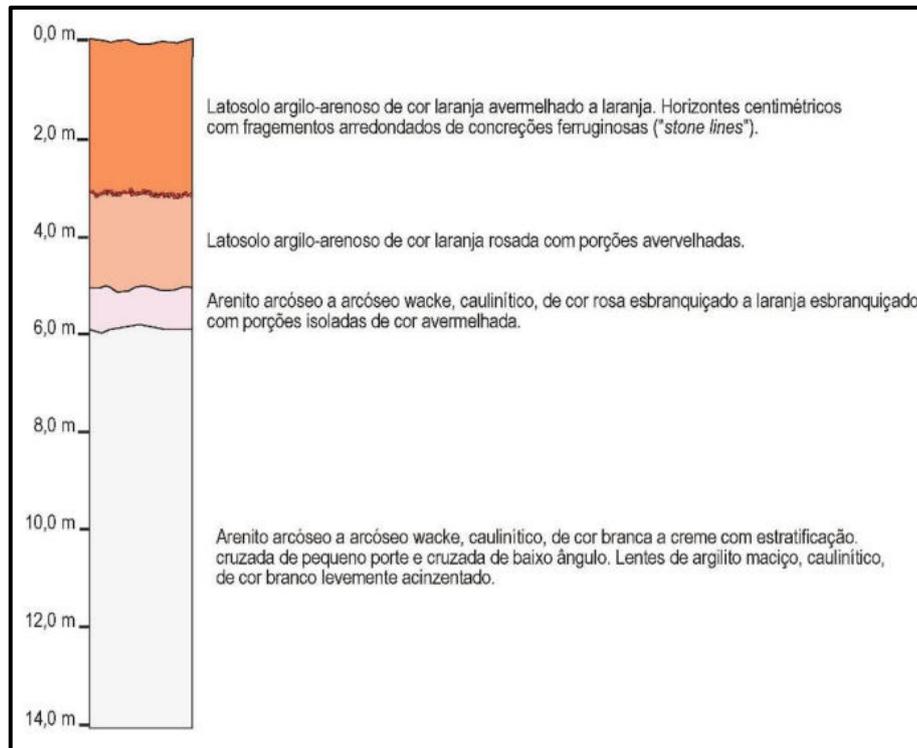


Figura 4.1.5.1-3 – Perfil litológico da Formação Alter do Chão na rodovia AM-010 / km 198.
Fonte: KALAMAZON, 2015.

Nos perfis ao longo da BR-174 e rodovia AM 010, bem como em sondagens feitas pela empresa Kalamazon observa-se na parte superior da Zona Pálida a presença de rochas alteradas da Formação Alter do Chão. Normalmente são encontrados arenitos arcóseos (ARK), arcóseos wackes (AW), conglomerados Intraformacionais (IC) e argilitos caulínicos (KM). Na parte inferior da PZ predominam arcóseos (ARK) ou sub-arcóseos (SAR) e que se aprofunda até a rocha alterada, em torno dos 40m. A presença de grãos de quartzo nesses arenitos varia de 40-75%. A classificação petrográfica descrita acima se baseia na classificação de Pettijohn (1975) conforme figura.

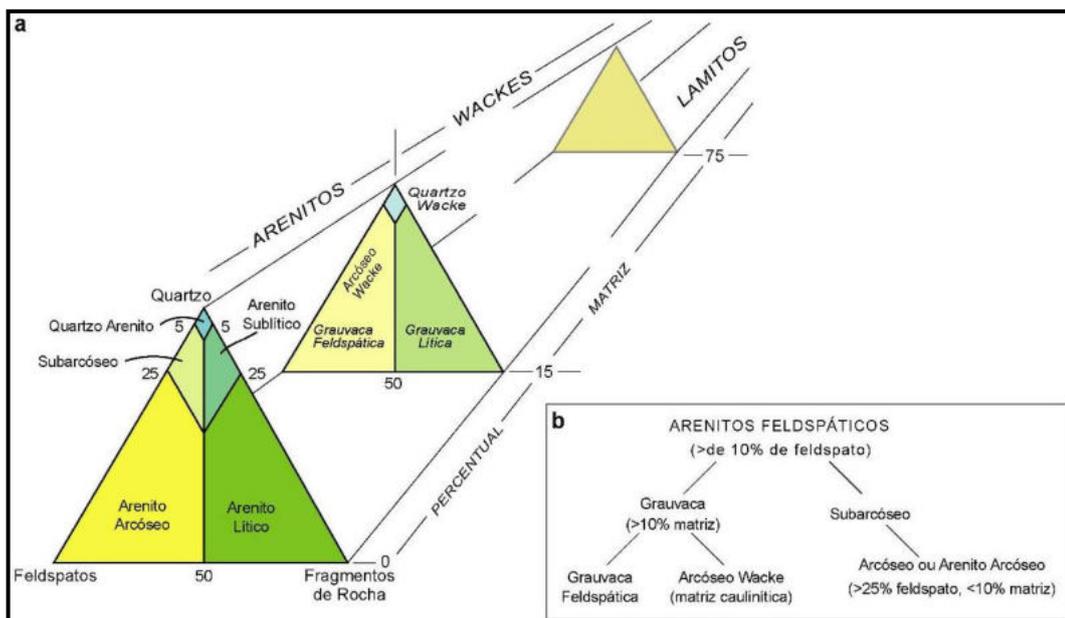


Figura 4.1.5.1-4 – (a) Classificação de Arenitos terrígenos (modificado de Dott 1964) e (b) diagrama de classificação de arenitos feldspáticos.

Fonte: PETTIJOHN, 1975.

O fato de serem mapeados arcóseos e wackes (arenitos com matriz), seleção granulométrica pobre e outras fácies com composição predominante arcoseana são indicativos de um ambiente deposicional subaquoso próximo da área fonte. As camadas com geometria predominantemente tabular e com boa continuidade lateral, muitas vezes estendendo-se centenas de metros como observado nos afloramentos, sugerem um fluxo pouco canalizado de sistema deposicional fluvial. A forte presença de feldspatos, caulinizados, indica a imaturidade dos sedimentos, e um ambiente proximal provavelmente de leques aluviais.

Embora se note uma tendência a acamamento gradacional decrescente da base para o topo (“fining upward”), os perfis de trado mostraram uma intensidade maior de intercalação (“interfingering”) entre as fácies do que os perfis da BR que estão mais a WNW.

Regionalmente, conforme é mencionado por Horbe et al. (2005), a presença de estratificação cruzada acanalada, que diminui o porte para o topo dos ciclos, sugere a migração de dunas subaquosas em canais entrelaçados, parcialmente erodindo planícies de inundação. Planícies de inundação são indicadas pela presença de deposição por suspensão, alternados com correntes trativas associados à migração de pequenas formas de leito.

Conforme descrito anteriormente, o caulim ocorrente na área de pesquisa é derivado principalmente do intemperismo de feldspatos presentes nos arenitos e também de argilas

cauliníticas depositados como lama. A combinação entre os grãos depositados já como caulinita e dos grãos provenientes da alteração dos feldspatos certamente colaborou para a distribuição granulométrica composta por grãos de caulim de tamanhos variados.

4.1.5.2 Geomorfologia

O relevo da região é formado por platôs bem dissecados com topo convexo a suavemente ondulados separados por vales em “U”. Os platôs nas áreas de pesquisa são separados por planícies aluviais periodicamente alagadas.

Observa-se no modelo digital do terreno, Figura 4.1.5.2-1, que regionalmente os platôs mais destacados e mais extensos na topografia estão localizados nas cabeceiras do igarapé Tarumã e Rio Preto da Eva, com larguras variando entre 750 a 1500 m. Neste caso, as superfícies estão sempre acima da cota de 100 m, mas em sua maioria entre 130 e 150 m de altitude em relação ao nível do mar, com desnível de 40 a 60 m em relação ao vale adjacente. Em direção a Manaus a topografia progressivamente passa a ser formada por morrotes mais descontínuos, ondulados, larguras de 200 a 600 m e cotas entre 60 a 100 m acima do nível do mar.

Sarges et al. (2011), destacam para a região da pesquisa uma compartimentação topográfica com duas classes de desnivelamento altimétrico, com interpretação do significado geomorfológico atribuído a cada classe. O compartimento com altimetria entre 25 e 50m ($\Delta h < 50m$) abrange os terraços fluviais, terraços erosivos e planícies de inundação. A região entre os rios Tarumã Mirim e Preto da Eva corresponde ao compartimento predominante com desnivelamento altimétrico entre 50 e 160m ($\Delta h > 100m$), composta por interflúvios tabulares com topos planos e presença de depressões.

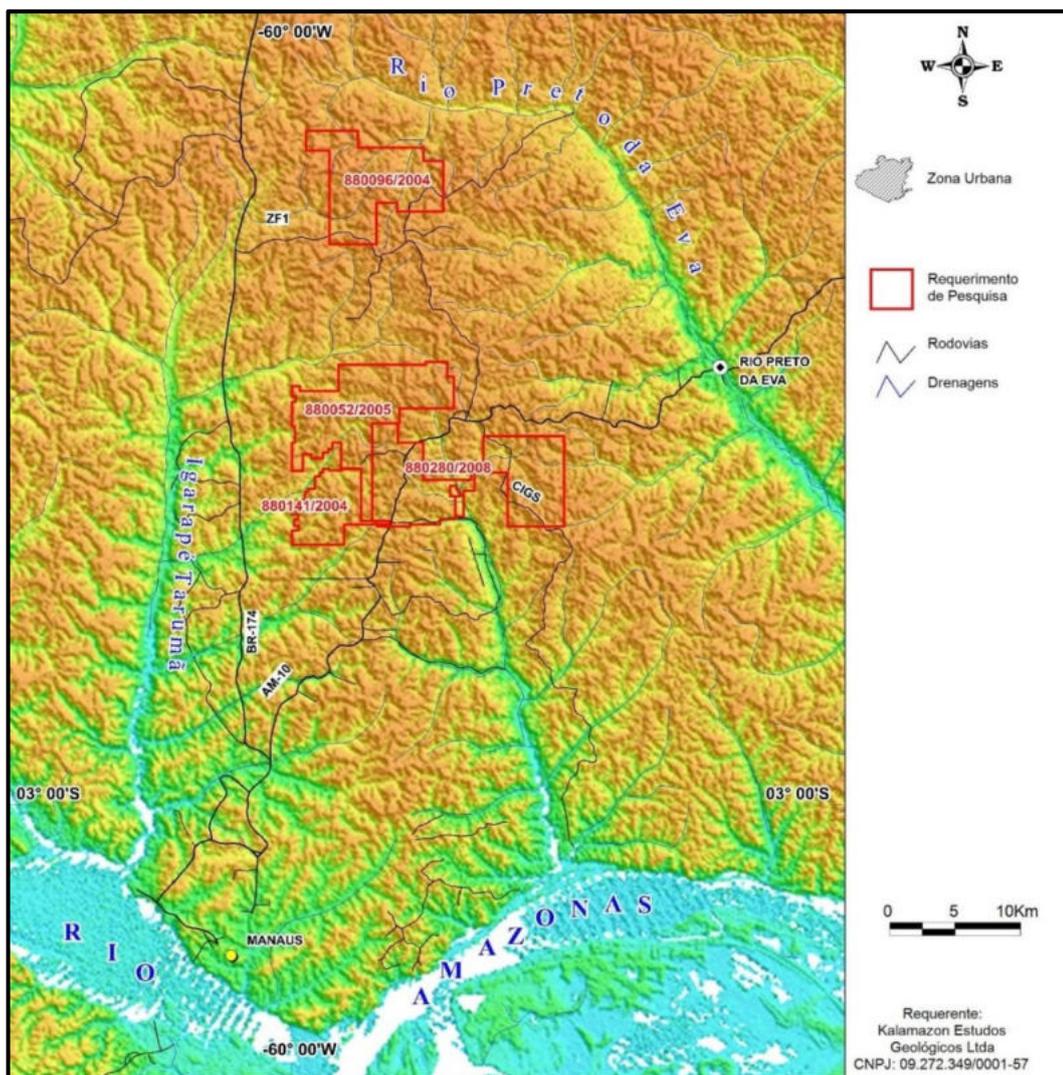


Figura 4.1.5.2-1 – Mapa do modelo digital do terreno.
 Fonte: KALAMAZON, 2015.

Os rios principais tem uma direção predominante NNW-SSE e seus tributários aparecem perpendicularmente ao curso principal. As drenagens exibem padrão variando de dendrítico e a retangular, ocorrendo esse último provavelmente em resposta a eventos neo-tectônicos que afetaram a bacia amazônica.

Segundo Souza & Nogueira (2009) atividades neotectônicas, desenvolvidas do Mioceno ao Recente, têm sido responsáveis por alterações nas morfologias do relevo e canais fluviais. Destacam-se os diferentes tipos de falhas na região que abateram ou soergueram blocos de rochas gerando desníveis topográficos, além de feições de canais retilíneos, migração de canais e corredeiras.

Os desníveis topográficos da região de Manaus refletem o elevado grau de incisão fluvial e o entalhamento erosivo das vertentes, mecanismos estes que devem estar associados às variações tectônicas, uma vez que a litologia da área é constituída essencialmente por rochas sedimentares, geralmente friáveis em função do intenso intemperismo atuante na região.

O mapa da Figura 4.1.5.2-2 tem como base a classificação adotada pelo IBGE no ano de 2010 e ilustra a divisão geomorfológica da região com base nos modelados de dissecação e aplanamento. Observa-se que as áreas de pesquisa se situam principalmente sobre zonas com dissecação tabular ou convexa e profundidade de incisões fracas a média.

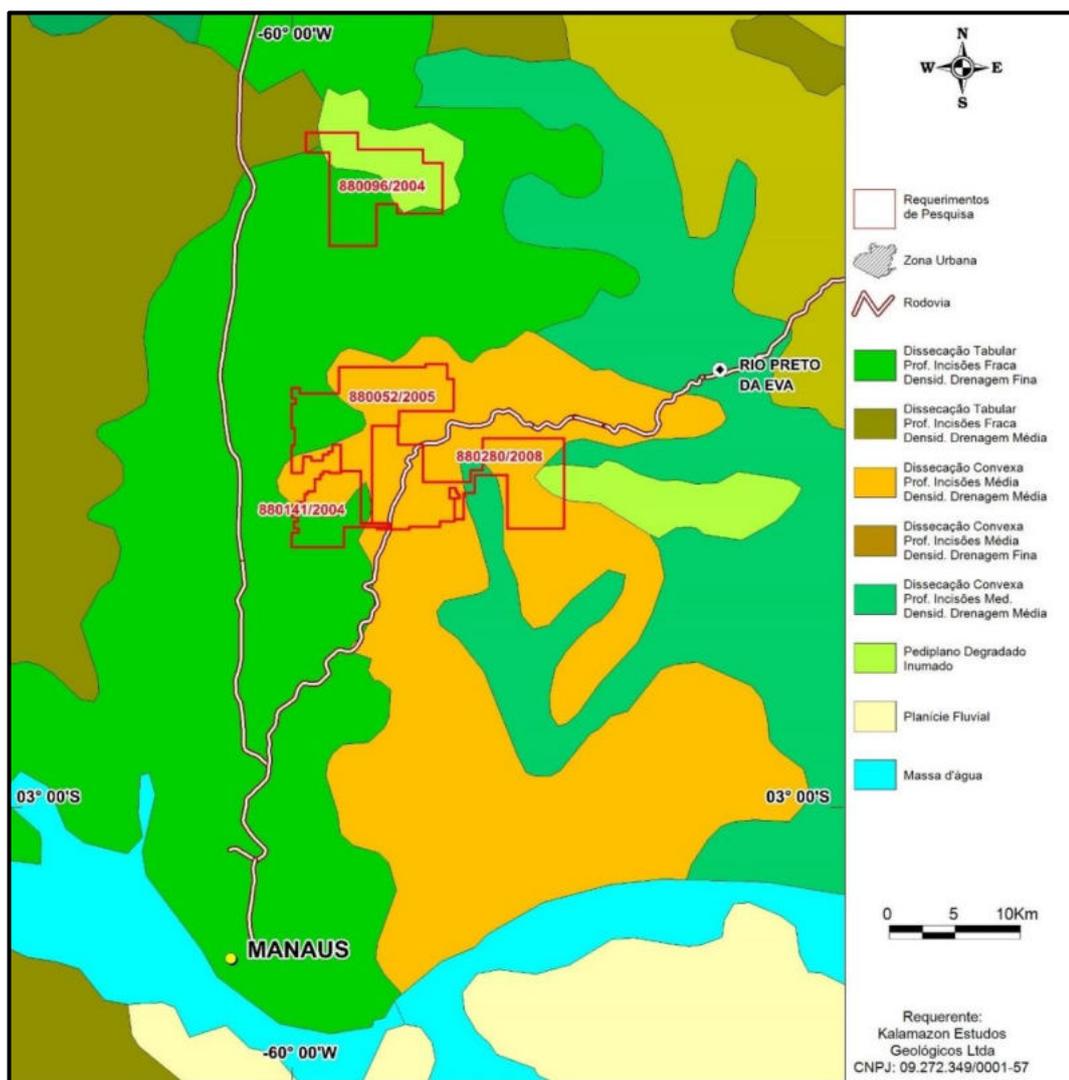


Figura 4.1.5.2-2 – Mapa Geomorfológico da região da pesquisa.
Fonte: IBGE, 2010.

4.1.5.2.1 Aspectos Geomorfológicos Locais Dentro da Área de Influência do Empreendimento

As observações no interior da área do empreendimento (ADA) mostram que a compartimentação topográfica é compatível com a proposta por Sarges et al. (2011) (Figura 4.1.5.2.1-1), estando a área inclusa na 3ª classe de desnivelamento altimétrico, ou seja, a $\Delta h > 100m$ com divisores de topo côncavo a plano e declividades de 12° a 18° ocorrendo nas vertentes dos interflúvios alongados de topos planos. Trata-se, portanto, de um relevo classificado como pouco íngreme (DEMECK, 1972 apud Oliveira; Brito, 1998).

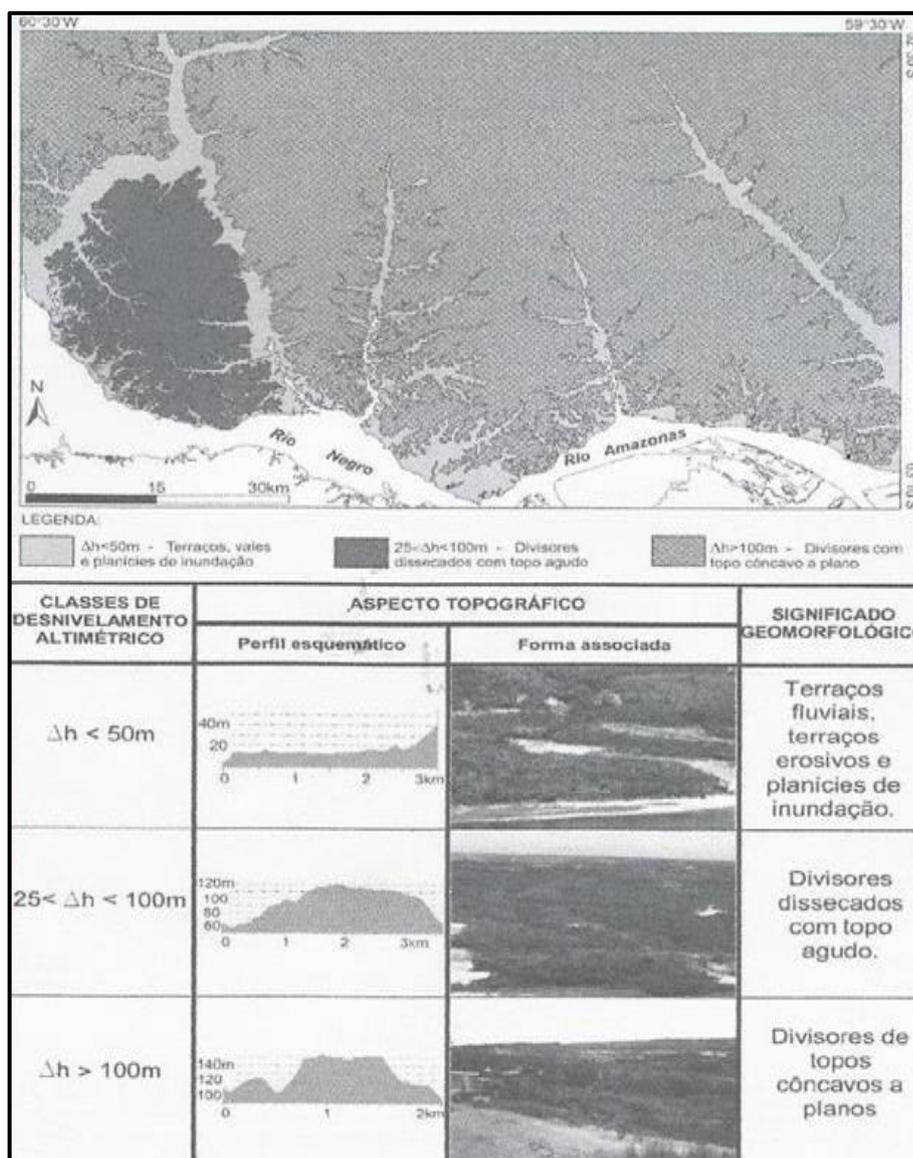


Figura 4.1.5.2.1-1 - Mapa de compartimentação topográfica.

Fonte: SARGES et al., 2011.

Com relação ao relevo e a sua influência nos processos da dinâmica superficial, ela se relaciona com a intensidade erosiva pela declividade e comprimento da rampa, da encosta ou vertente, que interferem diretamente na velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. Os terrenos com maiores declividades e maiores comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades de escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva, porém uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode ter alta intensidade erosiva, desde que sujeita à grande vazão do escoamento das águas superficiais.

Desta forma a geomorfologia da área é de feições de baixa susceptibilidade a erosão pela declividade de suas encostas na forma como se encontra com a sua cobertura vegetal.

Observou-se no interior da área que a ação antrópica sem evitar a concentração de fluxo d'água é o principal fator responsável pelo assoreamento de igarapés (Foto 4.1.5.2.1-1 e Foto 4.1.5.2.1-2).



Foto 4.1.5.2.1-1 - Igarapé fluindo por sobre a ponte devido ao assoreamento do leito.



Foto 4.1.5.2.1-2 - Igarapé assoreado.

Todo material enleirado na lateral da estrada após o serviço de manutenção efetuado pelas máquinas de terraplanagem é carregado pela primeira enxurrada até o leito do igarapé mais próximo (Foto 4.1.5.2.1-3).



Foto 4.1.5.2.1-3 - Manutenção da estrada, fonte de material para assoreamento dos igarapés.

É aconselhável que se façam caixa de infiltração que são pequenos represamentos ao lado das estradas vicinais que evitam o fluxo concentrado da água e a erosão (Figura 4.1.5.2.1-2 - Exemplo de aplicação das caixas de infiltração em estrada rural ou vicinal.).



Figura 4.1.5.2.1-2 - Exemplo de aplicação das caixas de infiltração em estrada rural ou vicinal.
Fonte: CUNHA et al, 2016.

Qualquer desmatamento por interferência das atividades minerais deve ter esta precaução, boas práticas e um projeto adequado de drenagem para que a erosão seja mínima.

A adoção deste procedimento na abertura de estradas de acesso para atividade de mineração ou manutenção das existentes deverá ainda reduzir em muito os assoreamentos de igarapés como o da Foto 4.1.5.2.1-4.



Foto 4.1.5.2.1-4 - Igarapé assoreado (área de nascente do ig. do Leão).

4.1.5.2.2 Geologia Estrutural e Compartimentação Tectônica

A configuração das feições estruturais predominantes na área é marcada por lineamentos maiores NW-SE e secundariamente NE-SW (Figura 4.1.5.2-1 e Figura 4.1.5.2-2) evidenciados pela direção predominante dos rios Urubu e rio Preto da Eva onde este último apresenta-se controlado por lineamento estrutural de direção N40W. É uma região dominada por dois conjuntos de estruturas decorrentes de movimentos do Terciário Superior e do Quaternário (SENA COSTA et al. 1996, Igreja, 2012). As estruturas mais antigas correspondem a falhas inversas e dobras orientadas na direção NE-SW, que afetam os sedimentos da Formação Alter do Chão e respondem pelo sistema de colinas delineando alinhamentos com altitudes de até 200m (SENA COSTA et al. 1996). Ao longo da rodovia AM-010, principalmente no trecho situado entre os rios Preto da Eva e Urubu, onde há boas exposições, as falhas inversas mergulham em torno de 40° para SE e definem um sistema imbricado, aos quais se vinculam dobras abertas a suaves, de amplitudes e comprimentos de onda variando de alguns metros até dezenas de metros (SENA COSTA et al. 1996).

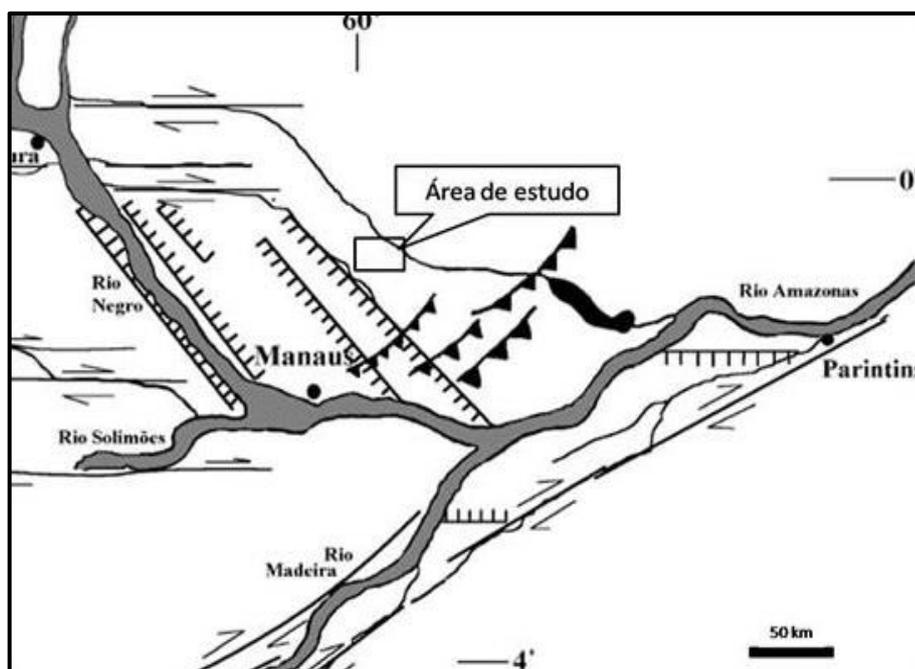


Figura 4.1.5.2.2-1 - Estruturas neotectônicas maiores do leste do Amazonas

Fonte: Adaptado de SENNA COSTA et al., 1996.

Estudos relacionando aspectos tectônicos com a geomorfologia da área são descritos por Igreja e Fortes (2002) em seu estudo sobre a rede de drenagem do Rio Puraquequara, sul da área objeto de estudo. Naquele trabalho os autores descrevem que a rede de drenagem

apresenta um padrão paralelo-dendrítico controlado por falhas geológicas. Onde os três ecossistemas encontrados (Terra-firme, várzea e igapó) encontram-se também neotectonicamente controlados. Nestes locais o ecossistema Terra-firme é um meio morfodinâmico urbanisticamente estável (áreas preservadas) e instável - área mais urbanizada - com problemas de desmatamento, assoreamento e erosão. O Ecossistema Várzea - Foz do Puraquequara - é fortemente instável do ponto de vista morfodinâmico e apresenta um complexo controle estrutural por falhas transcorrentes curvas: contato várzea/igapó (transicional e brusco), confirmando a movimentação tectônica. O ecossistema Igapó também é um ambiente fortemente instável, compreendendo as faixas confinadas entre blocos neotectônicos e onde o contato igapó/terra-firme é brusco, evidenciando a delimitação por falhas geológicas neotectônicas. A área da bacia hidrográfica apresenta dois compartimentos de relevo: o planalto tectônico (ocupa a maior extensão) e a planície de acumulação aluvial, ambas com forte componente de origem tectônica. O Planalto resulta de soerguimento e abatimento de blocos neotectônicos da Formação Alter do Chão (Cretáceo), enquanto a planície corresponde à área de sedimentação quaternária; e apresenta também controle neo-estrutural.

Ainda segundo Igreja e Fortes (2002), também são descritas três superfícies de erosão na área objeto de estudo, submetidas à neotectônica, pulsos neotectônicos, e também descrevem que tanto as macroformas como as microformas do relevo estão controladas pela tectônica. A geomorfologia se caracteriza por topos planos convexo-fechado a convexo-aberto, vertentes planas, inclinadas, convexas-côncavas e ravinadas – os vales são profundos e assimétricos, no domínio meridional aparecem os bancos de areia recurvados, estreitos e muito longos. Os processos erosivos obedecem às direções dos traços das falhas, Sistema Neotectônico Transcorrente Destrál Amazônico, gerando a Bacia do Rio Puraquequara com predomínio das direções neo-estruturais NE-SW, NW-SE e E-W (IGREJA; FORTES op.cit.).

4.1.5.2.3 Aspectos Estruturais e Tectônicos dentro da ADA

As observações “*in situ*” (nas áreas das ADA’s) no que se refere às consequências das movimentações neotectônicas nas intervenções resultantes da implantação do empreendimento, parecem se resumir a sua conformação geomorfológica, mas não na geração de zonas desfavoráveis que possam comprometer a estabilidade daquelas intervenções. Por outro lado, pelo contrário, as movimentações ao longo das discontinuidades estruturais parecem ter produzido feições que poderão favorecer o empreendimento na sua necessidade de bacia de

decantação para o rejeito produzido pela atividade de beneficiamento do minério. As Foto 4.1.5.2.3-1 e Foto 4.1.5.2.3-2 ilustram muito bem essa afirmação.



Foto 4.1.5.2.3-1 - Vale de abatimento. Bom local para hospedar uma bacia de decantação.



Foto 4.1.5.2.3-2 - Vale de abatimento

4.1.6 Pedologia

O processo de formação do solo na região é resultante do clima tropical úmido com intercalação de períodos chuvosos e secos que favorece o intenso intemperismo químico que predomina em toda a Amazônia Ocidental. O processo básico deste intemperismo é a hidrólise

dos silicatos que leva a dissolução dos minerais primários principalmente dos feldspatos e minerais máficos pela lixiviação dos cátions (Ca, Na, K, Mg).

Um ambiente de boa drenagem e alternância do nível d'água subterrânea preferencialmente em relevo de platôs favorece a formação de argilo-minerais tais como a caulinita $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e/ou goethita $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e/ou gibbsita $\text{Al}(\text{OH})_3$, dependendo da intensidade da lixiviação e das condições de Ph da água. A sialitização é o nome do processo geoquímico do ciclo exógeno que leva a formação principal de minerais do grupo da caulinita, e assim a geração do minério objetivo deste projeto.

O perfil de solo pode chegar até uma profundidade de 40 m de espessura como mostra o perfil esquemático nas Figura 4.1.6-1 e Figura 4.1.6-2, detalhado a seguir:

- **Latossolo de cobertura (LS):** horizonte superior do solo. Atinge em média 9.5 m de espessura, sendo mais raso nas encostas (6 m) e chegando a 13m no topo de alguns platôs. É composto por material areno-argiloso amarelo-alaranjado a avermelhado. A mineralogia das argilas é de goethita e caulim intensamente impregnado por hidróxido de ferro. No caso de lavra este horizonte deverá ser removido e estocado para posterior recolocação na área previamente lavrada.
- **Zona Mosqueada (MZ):** Intervalo de transição entre o LS acima e a zona pálida abaixo. É constituída por um intervalo de caulim rico em impregnações de ferro (cor rosa a avermelhada) e titânio (cor alaranjada) dando um aspecto mosqueado ao intervalo. Ocorre de forma descontínua e com espessura de até 4 metros. Devido a presença de caulinita esse intervalo pode ser considerado como um minério marginal, onde estudos de melhoria da alvura deverão ser realizados com objetivo de aproveitar esse caulim durante a lavra.
- **Zona Pálida (PZ):** situado imediatamente abaixo da MZ, com espessura de 12m em média (aberto em profundidade) e corresponde a Zona do Minério de Caulim, mas que pode chegar a 25m de espessura conforme tem se observado regionalmente. Este horizonte é assim chamado pela sua cor característica em tons brancos e de enriquecimento em caulim. Ela corresponde ao saprolito das rochas da Fm. Alter do Chão. Caracteristicamente as camadas do minério são facilmente desmontáveis mecanicamente, sendo inclusive escaváveis manualmente.

		MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA	CORES	ROCHA ORIGINAL	ESTRUTURAS
LATOSOLO		OXIDOS/HIDROXIDOS DE Fe CAULINITA (GIBSITA)	ROSA-ALARANJADO/ROSADO		
10m					
ZONA MOSQUEADA		CAULINITA OXIDOS/HIDROXIDOS DE Fe (GIBSITA)	CRFME ALARANJADO/ROSADO		
13m					
ZONA PÁLIDA (ZONA DO MINÉRIO)		CAULINITA (OXIDOS/HIDROXIDOS DE Fe)	CREME-ESBRANQUIÇADO BRANCO-ROSADO BRANCO	ARGILITO CAULINICO CONGLOMERADO- INTRAFORMACIONAL ARCÓSEOS-WACKES	"MUD-CRACKS" "MUD-BALLS" ESTRAT/LAM. PLANO-PARALELA
43m				ARCÓSEOS-WACKES ARCÓSEOS (SUB-ARCÓSEOS) MICROCONGLOMERADOS	ACAMAMENTO GRADACIONAL "FINING UPWARD" ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA PLANA E PLANO-PARALELA ACAMALADA
FRAGMENTOS DE ROCHA			VERMELHO-ROSADO LILÁS	ARENITO ALTERADO	

Figura 4.1.6-1 - Sumário de texturas, estruturas e litologias, no Perfil de Solo e Saprolito.

Fonte: PINTO, 1999.

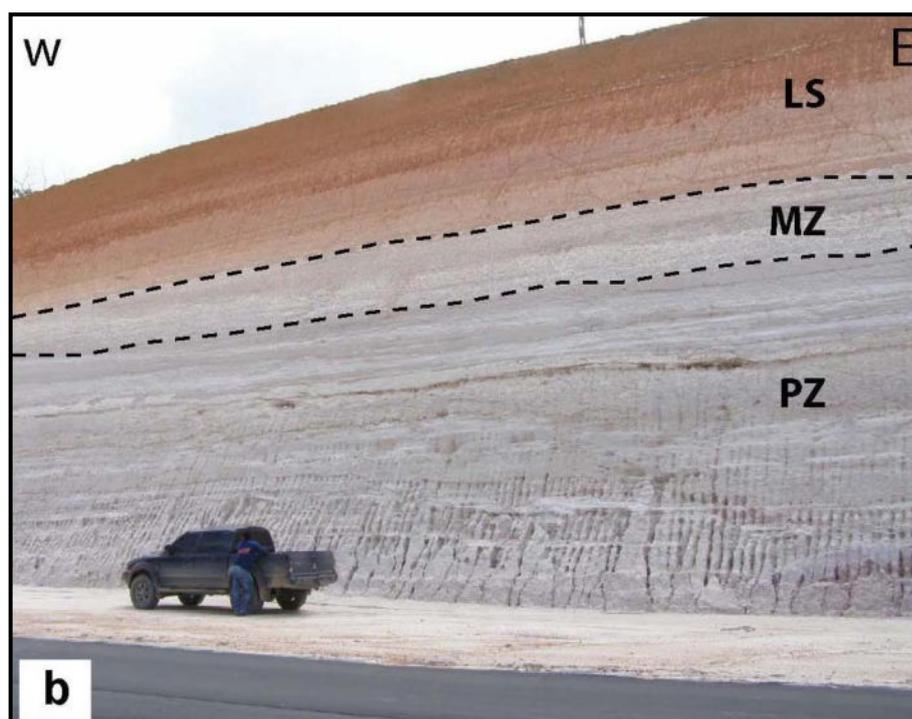


Figura 4.1.6-2 – Corte de estrada na Rodovia AM-010 – do topo para a base: horizonte de latossolo (LS) zona mosqueada (MZ) e zona pálida (PZ).

Mais raramente em áreas localizadas ocorrem superficialmente ou até uma profundidade em geral de 4 a 6 metros, depósitos de areia branca, que são utilizados no setor de construção civil na região. São produtos de podzolização sobre horizontes lateríticos caulinizados, cuja gênese teria ocorrido por volta de 3.000 anos atrás (HORBE et al. 1999).

4.1.6.1 Caracterização do Solos e sua Resposta Geotécnica

Todo o projeto está situado em rochas alteradas da Fm Alter do Chão conforme já mencionado acima. As áreas afetadas então são saprolitos ou solos derivados do produto de alteração destas rochas.

Abordando, portanto, este substrato do ponto de vista regional, toda a parte ocidental da bacia amazônica está inserida predominantemente em área de solos tipo Latossolos Amarelo Distrófico segundo CPRM (2010) (LA no Mapa de solos do estado do Amazonas). Os distróficos apresentam saturação por bases inferior a 50% sendo, portanto, bastante ácido e de baixa a média fertilidade. No estado do Amazonas eles também são muito típicos, com cerca de 18,15% da área total, recobrando os municípios de Manaus e Rio Preto da Eva que abrangem a área de influência indireta do empreendimento, e no estado só são menos representativos que os Argissolos amarelos (44,8% do estado), que recobre praticamente toda parte oeste da bacia amazônica. Muito localmente em áreas dos municípios de Manaus e Rio Preto da Eva, que pontualmente não chegam a formar unidades mapeáveis em escala regional, ocorrem Espodosolos, que compreendem solos predominantemente arenosos, com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e/ou alumínio em profundidade. Só são vistos realmente porque formam pequenos jazimentos de areias superficiais que são lavrados para uso na construção civil em Manaus.

A classe dos Latossolos compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam normalmente uma sequência de horizonte A, Bw (horizonte mineral bastante intemperizado, evidenciado por completa ou quase completa ausência (<4%) de minerais primários facilmente intemperizáveis; apresentam estrutura forte muito pequena ou pequena granular, ou em blocos subangulares, bem como textura franco-arenosa ou mais fina e reduzidos teores de silte) e horizonte C, com pouca diferenciação entre os horizontes Bw e, em geral, com transição entre os horizontes de forma plana e difusa.

Na fração argila ocorrem minerais em avançado estágio de intemperismo. No estado do Amazonas predominam as argilas (1:1) caulinita e óxidos de ferro (goethita e hematita) e apresentam predominantemente o caráter distrófico ou álico. A fração areia é dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo, principalmente o quartzo e alguns pouco fragmentos feldspáticos. As espessuras quase sempre são superiores a 2 metros. Na Amazônia Central apresentam predomínio da fração argila, o que os caracteriza como argilosos ou muito argilosos. Os Latossolos são encontrados com maior frequência em relevos planos ou suavemente ondulados, embora ocorram também em relevo movimentado. A Foto 4.1.6.1-1 refere-se a um perfil de latossolo.



Foto 4.1.6.1-1 - Perfil típico de Latossolo Amarelo (Manaus).

Fonte: CPRM, 2010.

Algumas características de interesse geotécnico apresentadas pelos Latossolos:

- Horizonte A geotecnicamente desprezível pela reduzida espessura em relação ao B;
- Textura dos horizontes B e C varia com a natureza mineralógica das rochas, fontes do material de origem;
- Horizonte B é geotecnicamente conhecido por solo maduro e pode constituir fonte natural de materiais para aterro e núcleos argilosos impermeáveis, o que será de grande utilidade na implantação do projeto na área de estudo, uma vez que haverá necessidade de construção de barragem de rejeitos;
- Horizonte B apresenta alta porosidade;

- Fração argila do horizonte B é constituída por misturas de argilominerais do grupo da caolinita e óxidos/hidróxidos de ferro e alumínio, podendo haver a predominância de argilominerais ou de componentes de ferro e alumínio;
- Lençol freático profundo, situado abaixo do horizonte B, em geral próximo do contato do horizonte C com a rocha subjacente;
- Horizonte C é geotecnicamente denominado solo residual jovem ou solo saprolítico, exceto quando originado por colúvios e capeamentos ou coberturas sedimentares diversas;
- Horizonte C, quando formado pela decomposição de rochas quartzo-feldspáticas, forma ocorrência de saibro, muito usado como material de construção na Engenharia Rodoviária;
- Horizonte C apresenta comportamento geotécnico variável em função das características mineralógicas/estruturais das rochas de origem;
- No conjunto, os latossolos apresentam baixa erodibilidade. Entretanto, quando submetidos à concentração d'água proveniente da ocupação antrópica, podem desenvolver ravinas profundas e, quando interceptado o lençol freático, voçorocas.

Os espodosolos (Foto 4.1.6.1-2), possuem textura arenosa e estrutura em grãos soltos, apresentam reduzida capacidade de armazenamento de água; por conseguinte, a vegetação que cresce nesses locais sofre períodos de estresse por deficiência hídrica nos períodos de estiagem. Normalmente vão da superfície a profundidades médias de 4 metros, raramente atingindo 7 metros. Do ponto de vista geotécnico dos Espodosolos:

- Textura arenosa, tanto no horizonte A, como no C;
- Impróprios para aterros compactados, a não ser quando misturados com material argiloso, mas podendo ser explorado como areia utilizada como agregado miúdo na dosagem de concretos;
- Horizontes A e C apresentam alta permeabilidade, baixa compressibilidade, expansividade nula, boa capacidade de carga e suporte, fácil escavabilidade;
- Variável suscetibilidade à erosão, em função da declividade, baixa em planícies e alta em colinas e morrotes;
- Pequenas concentrações de águas pluviais e/ou servidas podem provocar grandes ravinas e, quando interceptado o lençol freático, voçorocas.



Foto 4.1.6.1-2 - Perfil típico de Espodossolo (Rio Preto da Eva).
Fonte: CPRM, 2010.

4.1.6.2 Características Geotécnicas dos Solos na ADA

Nas observações realizadas no interior das áreas (ADAs) foi encontrado a ocorrência apenas de Latossolos (Foto 4.1.6.2-1 e Foto 4.1.6.2-2) em uma pequena área identificou-se de Espodossolos (Foto 4.1.6.2-3, Foto 4.1.6.2-4 e Foto 4.1.6.2-5).



Foto 4.1.6.2-1 - Perfil de latossolo em corte de estrada vicinal no interior da área.



Foto 4.1.6.2-2 - Perfil de latossolo em corte de estrada vicinal no interior da área.



Foto 4.1.6.2-3 - Ocorrência de espodossolo.



Foto 4.1.6.2-4 - Perfil de espodossolo em área objeto de lavra de areia no passado.



Foto 4.1.6.2-5 - Ocorrência de espodossolo em área de lavra de areia no passado.

Observar a vegetação de campinarana típica das áreas de ocorrência deste solo.

Pode-se estimar, que mais de 95% das ADA's é coberta por Latossolo. São excelentes materiais para construção de barragens de terra e rodovias. O tipo de ocorrência na área, mostrado na Foto 4.1.6.2-1 e Foto 4.1.6.2-2 e dos cortes de estrada, aproxima-se do solo geotecnicamente conhecido como A-2-4 que é um dos melhores solos para base e sub-base de pavimentos flexíveis. Apresentam baixa susceptibilidade a erosão, entretanto se submetidos a fluxos de água concentrados em consequência de ação antrópica desordenada, pode desenvolver ravinas profundas e até voçorocas quando interceptado o lençol subterrâneo (Foto 4.1.6.2-6 e Foto 4.1.6.2-7).

Em taludes de corte são bastante estáveis como podemos observar em cortes de estrada vicinal no interior da área (Foto 4.1.6.2-8) e na AM-010 (Foto 4.1.6.2-9). São, portanto, solos com boa resistência ao cisalhamento quando indeformados.



Foto 4.1.6.2-6 - Sulco de erosão em latossolo como consequência da concentração de fluxo d'água.



Foto 4.1.6.2-7 - Ravinamento em talude de latossolo em consequência da concentração de fluxo de água.



Foto 4.1.6.2-8 - Latossolo com talude subvertical em corte de estrada no interior da área de implantação do empreendimento.



Foto 4.1.6.2-9 - Talude subvertical em latossolo na rodovia AM-010.

Estes latossolos conferem à unidade uma alta capacidade de suporte de carga e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos), e boa resistência quanto a erosão como se nota nos perfis de estrada sub-verticais. Só quando os cortes de estrada são mais profundos e atingem a zona pálida, enriquecida em caulim e areia, a erosão fica evidente, mas como este é a zona de minério do empreendimento, a empresa mesmo terá interesse em fazer os taludes corretos para o melhor aproveitamento do caulim.

Com relação à presença de espodossolos na área de implantação do projeto (ADA Bueno-Divina), foi verificada ocorrência. Em geral são muito explorados como jazidas de agregado miúdo para dosagem de concreto utilizado na construção civil (Foto 4.1.6.2-4 e Foto 4.1.6.2-5). Apresentam susceptibilidade a erosão muito alta em terrenos de declividade alta. Ravinas e voçorocas podem ser provocadas nestes solos por pequenas concentrações de águas pluviais ou servidas. No interior da área nada relacionado com desestabilização dos processos da dinâmica superficial foram observados nas áreas de ocorrência deste tipo de solo. Estão sobrepostos ainda ao típico Latossolo Amarelo e a zona do minério de caulim. Portanto não vão causar impacto negativo no empreendimento tanto pela sua área muito restrita de ocorrência, e no caso de a lavra avançar nesta ocorrência eles serão realocados em barragem própria.

4.1.6.3 Adequabilidades

Camadas horizontalizadas com boa homogeneidade composicional lateral; as características geomecânicas e hidráulicas variam pouco lateralmente; predomínio de sedimentos de moderada a baixa resistência ao corte; podem ser escavados com facilidade apenas usando ferramentas e maquinários de corte. Portanto não será necessário nenhum explosivo para poder fazer os cortes nas camadas tanto do latossolo de cobertura quanto no minério de caulim.

Nos locais da jazida não se encontrou até o momento crostas ou concreções ferruginosas, conhecidas como “Arenito Manaus”, e que possuem uma alta resistência a erosão, e que poderiam dificultar um pouco a lavra mecanizada.

4.1.7 Recursos Hídricos

4.1.7.1 Hidrologia

4.1.7.1.1 Hidrologia Regional

4.1.7.1.1.1 Gênese da Bacia Amazônica

A Bacia Amazônica originou-se de um Graben no basamento do antigo Escudo Brasileiro e Guiano representando uma área de fraqueza que foi sedimentada ao decorrer das épocas geológicas pro-formações posteriores. Esse Graben pode ser constatado de Guayaquil no Pacífico até a foz do Amazonas, no Atlântico. A existência de uma continuidade desse Graben no Escudo Africano, o Graben de Benoué, mostra que o Graben Amazônico é mais antigo que o próprio Atlântico.

A evolução da Bacia Amazônica está caracterizada por dois eventos geológicos decisivos. O primeiro pela formação de um canal com desembocadura para o Atlântico há cerca de 100 milhões de anos (transição do Jurássico para o Cretáceo Inferior), ao decorrer da desintegração do bloco Gondwana. O segundo pela perda da ligação ao Pacífico a cerca de 20 milhões de anos, devido a orogênese dos Andes. Nesse intervalo de tempo, entre 100 e 20 milhões de anos, o escoamento das águas dos blocos continentais (Escudos Pré-Cambriano das Guianas e Escudo Brasileiro) separou-se em duas direções, sendo uma para o Atlântico e outra para o Pacífico. A divisa dessas duas bacias pré-andinas seguiu, em grande parte, a formação constituída de rochas areníticas do Cretáceo Superior. Os restos dessa divisa continental podem ser, ainda hoje, evidenciados na Serra dos Parecis e Serra Pacaás Novas, Serra do Divisor e nas Serras de Parima e Roraima, mantendo-se como limites de bacias dentro do sistema fluvial Amazonas – Orinoco.

A ligação da Bacia Pacífica ao sistema Atlântico aconteceu muito lentamente e foi estreitamente relacionado à orogênese do Andes. Uma primeira modificação na orientação do sistema de drenagem na água dos dois blocos continentais ocorreu, com um certo atraso, no Mioceno Superior, depois dos movimentos tectônicos no Eoceno e Oligoceno na região do Caribe e no Mioceno Médio na Venezuela. Um indício desse evento é o aumento da granulometria nos sedimentos do delta do Amazonas como consequência do transporte de

material erodido na parte oeste da Bacia Amazônica. Essa modificação na sedimentação do delta pode ser datada no Mioceno Superior e explica-se, unicamente, por aumento de um potencial hidrodinâmico, ou seja, a inclusão de novas áreas de drenagem. Isso significa que no Mioceno Superior os sistemas do escoamento orientados para o Pacífico foram desviados para o Atlântico por processos de captura.

Essa captura de outras bacias dificilmente ocorreu, unicamente, em função de processos orogênicos. Outras influências como a eustasia marinha no Pleistoceno, e as modificações climáticas pelo surgimento dos Andes devem ser consideradas. Assim, as modificações no nível do mar provocaram alterações na declividade do rio Amazonas, influenciando, desta forma, nos processos de erosão e acumulação. Além disso, o levantamento dos Andes, perpendicularmente à direção principal do vento, ocasionando aumento da pluviosidade na região equatorial. Esses dois processos causam uma maior força ativa do rio que se reflete na dominância de processos de erosão regressiva e de profundidade, facilitando capturas de outras bacias.

A modificação da Bacia Pacífica está caracterizada pelas lentas alterações do meio aquático de condições marinhas limníticas. Pelo tempo de duração desses processos, muitas formas marinhas puderam se adaptar às situações de água doce. Em águas subandinas foram encontradas muitas espécies de peixes descendentes de formas marinhas.

Grabert (1984) fornece o seguinte resumo dos processos de gênese do sistema fluvial Amazonas – Orinoco, a partir do Terciário, baseado em critérios geológicos, geoquímicos e biogeoquímicos. Esses últimos através da distribuição das diferentes espécies do gênero *Inia*, os golfinhos de água doce:

- *Terciário > 20 milhões de anos* – A divisa pré-andina entre a Bacia do Pacífico e do Atlântico é formada pelas rochas areníticas do Cretáceo Superior.
- *Mioceno Médio, em torno de 20 milhões de anos* – Início da orogênese dos Andes. Formação de carvão de solinas em áreas isoladas das bacias sedimentares de Molasse límnic ou salobra no sistema de drenagem do Pacífico. No delta do Amazonas, os sedimentos mostram indicações de turbulências e modificações na granulometria.
- *Plioceno, 5 até 2 milhões de anos* – Fase do dobramento intensivo na formação dos Andes. Gênese das Bacias sedimentares de Molasse subandinas, inicialmente, ainda, com ligações ao Pacífico (Molasse marinha) e posteriormente com influência crescente de água doce (Molasse límni). Adaptação da fauna de água salgada e salobra às condições de água doce no lago Beni e outros lagos subandinos. O clima semi-árido

a árido fornece substâncias sólidas em suspensão de origem terrestre aos rios e ao lago Beni de águas brancas. Desaparecimento da divisa pré-andina das antigas bacias do Pacífico e Atlântico.

- *Pleistoceno, 2 milhões até 10 mil anos* – Provável atividade tectônica no Graben do Amazonas devido a um forte dobramento nos Andes. Paisagens de estepe provocam a existência de rios de água branca. A fixação de grandes quantidades de água nas calotas de gelo nas regiões polares, durante as glaciações, baixo nível do Atlântico provocando uma erosão mais intensiva nos rios Amazonas e Orinoco.
- *Holoceno < 10 mil anos* – Elevação do nível do mar em 100m pelo degelo e formação de estuários nas desembocaduras do Amazonas e Orinoco. Na Amazônia central inicia a formação das várzeas como resultado do represamento das águas pela elevação do nível do mar e pelo aumento da pluviosidade. Gênese da vegetação da floresta pluvial tropical e surgimento de rios de água preta, ricos em substâncias húmicas. O restante do lago Beni é ligado ao sistema Atlântico através do rio Madeira sobre a barreira de rochas entre Terminal Hidroviário Porto Velho e Abunã. A orogênese dos Andes continua.

4.1.7.1.1.2 Região Hidrográfica

A Amazônia é conhecida mundialmente por sua disponibilidade hídrica e pela quantidade de ecossistemas, como matas de terra firme, florestas inundadas, várzeas, igapós, campos abertos e cerrados. Abriga, ainda, uma infinidade de espécies vegetais e animais: 1,5 milhão de espécies vegetais catalogadas; três mil espécies de peixes; 950 tipos de pássaros; e ainda insetos, répteis, anfíbios e mamíferos.

A Região Hidrográfica Amazônica é constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte (Resolução CNRH nº 32, de 15 de outubro de 2003), perfazendo um total de 3.869.953 km².

A população na Região Hidrográfica Amazônica, em 2010, era de 9.694.728 habitantes (5,1% da população do País) e a densidade demográfica de apenas 2,51 hab/km². As capitais Manaus, Rio Branco, Porto Velho, Boa Vista, Macapá, bem como os municípios de Santarém

(PA) e Sinop (MT) são os centros urbanos que mais se destacam dentre os 304 municípios da Região Hidrográfica Amazônica.

A bacia hidrográfica do rio Amazonas, Figura 4.1.7.1.1.2-1 – Bacia Hidrográfica Amazônica., é constituída pela mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, ocupando uma área total da ordem de 6.110.000 km², desde suas nascentes nos Andes Peruanos até sua foz no oceano Atlântico (na região norte do Brasil). Esta bacia continental se estende sobre vários países da América do Sul: Brasil (63%), Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5,8%), Equador (2,2%), Venezuela (0,7%) e Guiana (0,2%).

Em termos de recursos hídricos, a contribuição média da bacia hidrográfica do rio Amazonas, em território brasileiro, é da ordem de 132.145 m³/s (73,6% do total do País). Adicionalmente, a contribuição de territórios estrangeiros para as vazões da região hidrográfica é da ordem de 76.000 m³/s. As maiores demandas pelo uso da água na região ocorrem nas sub-bacias dos rios Tapajós, Madeira e Negro, e têm por finalidade o uso para abastecimento humano e dessedentação animal, representando respectivamente 33% e 32% da demanda total da região, que é de 78,8 m³/s. De um modo geral, os consumos estimados são pouco significativos quando comparados com a disponibilidade hídrica por sub-bacia.

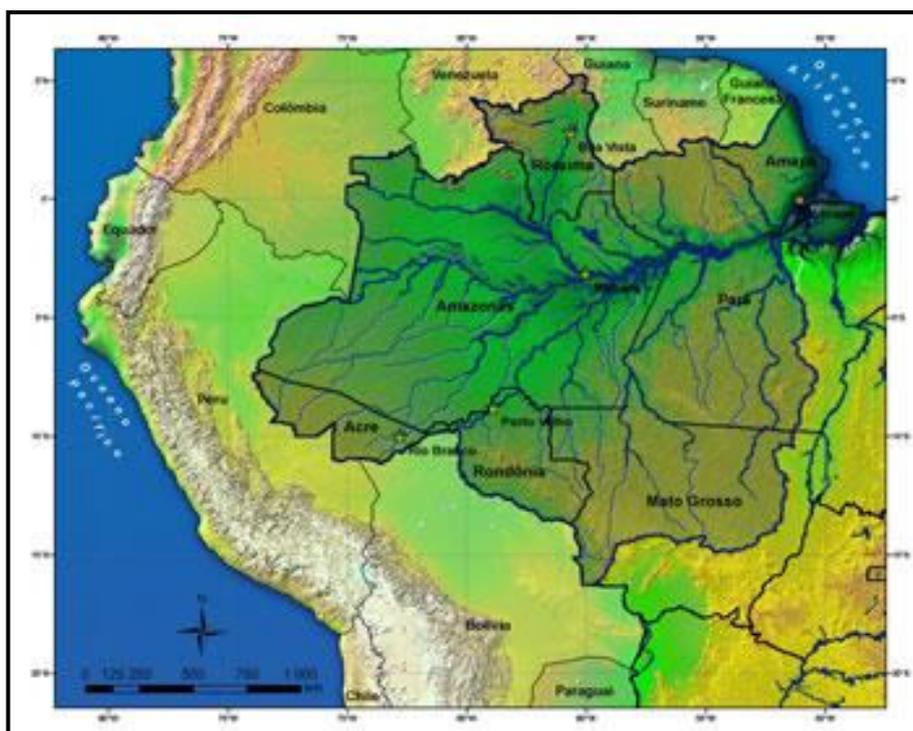


Figura 4.1.7.1.1.2-1 – Bacia Hidrográfica Amazônica.

Fonte: ANA, 2015

4.1.7.1.1.3 Recursos Hídricos

A bacia do rio Amazonas, o mais importante dos rios do planeta em termos de área de drenagem e vazão, cobre 6.112.000 km (aproximadamente 5% das terras emergidas) e descarrega no Atlântico um volume de água que representa aproximadamente 1% das contribuições hídricas aos oceanos. Segundo Martinelli *et al.* (1989), a partir do momento que corre para o leste, a concentração hidroquímica do Rio Amazonas, vai sendo progressivamente, diluído por tributários que tem origem nos escudos cristalina.

Com base na ANA (2002) a Disponibilidade Hídrica Média Anual é representada pelos seguintes parâmetros:

1→Sub Bacia- área de drenagem do rio Amazonas, compreendida entre a confluência com o Purus e a confluência com o Negro.

2→Área de Drenagem: 686.810 (Km²).

3→Média: 2.566 precipitação

4→MM: 13.204 escoamento

5→Vazão: 28.400 m³/s

6→Média: 40,8 (l/s/km²)

Na Amazônia, em virtude dos fatores físicos, químicos e biológicos, os recursos hídricos apresentam características bastante específicas definindo um sistema ímpar em relação às demais regiões do globo terrestre. A cobertura florestal da região constitui o mais importante fator de diferenciação da qualidade físico-química dos recursos hídricos amazônicos. Isso porque, toda a água proveniente da precipitação de chuvas que alcança o solo florestal ao se infiltrar, sofrerá uma dessaturação na sua composição mineral em virtude da captura de nutrientes exercida pelas raízes da vegetação. Desse modo, todos os nutrientes incorporados durante os processos de lavagem das estruturas vegetais, da decomposição da serrapilheira e da alteração de minerais do solo, são imediatamente absorvidos pelo sistema radicular da vegetação. A água que finalmente alcança o lençol freático (água subterrânea) tem composição química muito próxima à da água destilada, e algum nutriente que por ventura seja incorporado à água, fora do alcance das raízes, será absorvido pela vegetação dos ambientes de nascente. Tal fenômeno faz com que a composição química das águas dos igarapés de cabeceira seja, também, equivalente à água destilada. O padrão só permite a permanência de substâncias dissolvidas na água se as mesmas não forem interpretadas como nutrientes pelo sistema

radicular de influência. Dessa forma, encontra-se substâncias de origem organo-vegetal (metabólicos secundários), originando as águas de coloração escura (água preta). Esse tipo de informação é muito importante, visto que essas substâncias são próprias de ambientes de dominância sedimentar com forte cobertura vegetal e com índice pluviométrico elevado. Normalmente esses ambientes são virgens, ou seja, sua taxa de perturbação é muito próxima de zero. Para isso contribui, também, a ausência de informações de experiências anteriores e de alguma tecnologia desenvolvida para pronta aplicação. Isso permite que o conteúdo de informação cultural contido no termo possa ser compreendido em todos os níveis, ou seja, do popular ao científico, em todo o seu potencial.

Na Amazônia, conforme já nos referimos acima, vamos encontrar três tipos dominantes de água de superfície que são: água preta, água branca e água clara que se distinguem entre si visualmente pelo aspecto físico.

(Fonte: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx>)

4.1.7.1.1.4 Regime Hidrológico da Bacia Amazônica

Para o período de 1970-2006 a amplitude das variações de cotas (diferença entre as cotas máximas e mínimas) foi estudada para o conjunto da Bacia Amazônica. Os resultados mostram uma amplitude de 2 a 18 metros ao curso do ciclo hidrológico. Os valores mínimos (de 2 a 4 m) são observados nas cabeceiras, nos rios que drenam os escudos (rios Branco, Jarí, Xingu, Tapajós e Guaporé), as máximas (de 15 a 18 m) foram registradas nos trechos inferiores dos rios Juruá, Purus e Madeira. Sobre o rio Solimões – Amazonas, essas amplitudes variam de 12 m (Teresina, próximo à fronteira Peru-Brasil) até 15 m (Manacapuru), para depois ir baixando regularmente para 8 m em Óbidos e, finalmente, 3 m em Macapá.

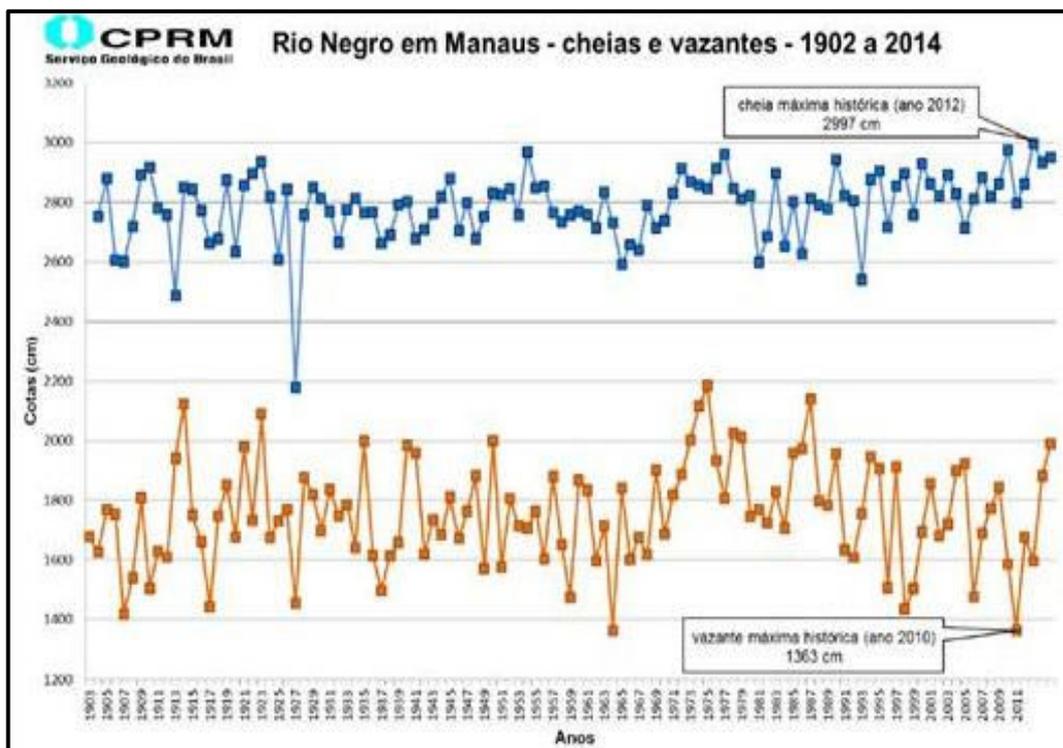


Gráfico 4.1.7.1.1.4-1 - Cotograma com as cheias e vazantes observados em Manaus no período de 1902 a 2014. Fonte: CPRM, 2014.

Vazões dos Rios Amazônicos

A bacia Amazônica apresenta forte tendência regional de distribuição das vazões específicas (Q em $l.s^{-1}.km^{-2}$). Deste modo são identificadas 4 regiões, quanto a vazão específica média, na bacia, que variam de 5 a $90 l.s^{-1}.km^{-2}$, abrangendo a região coberta pelas bacias dos grandes rios amazônicos – Juruá, Negro, Japurá, Solimões, Xingu, Tapajós, Madeira, Purus, Branco e Jarí. Segundo esta classificação a zona 1 abrange a bacia do rio Negro, com vazões específicas variando entre 50 e $90 l.s^{-1}.km^{-2}$. Os afluentes da margem esquerda do rio Amazonas, advindo do planalto das Guianas (Trombetas, Branco e Jarí) apresentam vazões específicas entre 15 e $40 l.s^{-1}.km^{-2}$, e marcam uma zona denominada como 2N (norte). Dentro da mesma gama de valores, porém nos afluentes da margem direita do Solimões, a montante de Manaus, encontram-se os rios Purus, Juruá e a porção alta bacia do rio Madeira, no Brasil, juntamente com alguns de seus tributários bolivianos, compõem a zona 2S (sul). A porção correspondente aos cursos médio e inferior do rio Madeira e, os demais afluentes da margem direita do rio Amazonas, a jusante de Manaus, compõem a zona 3 apresentam vazões específicas entre 5 e $25 l.s^{-1}.km^{-2}$. Por fim, a zona 4, composta pelo rio Solimões – Amazonas, a partir de sua entrada no Brasil, é resultante de todas as componentes regionais e as descargas

específicas variadas de 34 e 50 l.s⁻¹.km⁻². Numa estação localizada no Município de Óbidos, no Pará, é possível verificar a contribuição dos tributários do rio Amazonas.

Funcionamento dos Sistemas Hídricos

Devido à sazonalidade da precipitação, os grandes rios da região apresentam pulsos de inundação, com ciclos de cheia e vazante, que constituem a principal função de força para o sistema amazônico. A inundação pode durar vários meses. Nas áreas alagáveis, a interação entre o corpo d'água e a biota marginal é decisiva. A produção primária autóctone das florestas marginais tem grande importância para as teias alimentares dos corpos d'água e das planícies marginais.

Quando as águas baixam, as áreas inundadas podem ser reduzidas a apenas 20 % da área total da fase aquática, o que tem importantes implicações ecológicas. A supressão de ambientes rompe a conectividade e confina e isola organismos de muitas espécies. Essas comunidades respondem, adaptativamente, às condições peculiares determinadas pelos pulsos de inundação.

Muitas árvores nas áreas alagáveis formam anéis de crescimento (pela redução da taxa de crescimento) como resposta à inundação (WORBES, 1997), o que permite o uso de tais informações para o manejo adequado dessas áreas ameaçadas pela agropecuária e uso inadequado de seus recursos naturais (JUNK, 2000).

O Rio Negro que banha a Cidade de Manaus

O rio Negro nasce na região pré-andina da Colômbia e corre ao encontro do Solimões, logo abaixo de Manaus, para formar o Amazonas. Em seu curso, percorre 1.700 quilômetros, quase a distância de São Paulo a Salvador. Da nascente à foz, a viagem dura um mês e meio. Na longa jornada, a água carrega folhas e outras matérias orgânicas que a tingem de âmbar.

É um dos três maiores rios do mundo; o fluxo de água que passa por seu leito é maior do que o de todos os rios europeus reunidos e, no Brasil, perde apenas para o Amazonas. Tem quilômetros de largura e mais de mil ilhas que se agrupam em dois arquipélagos: Anavilhanas, próximo de Manaus, e Mariuá, no médio rio Negro, na região de Barcelos. São os maiores arquipélagos fluviais do mundo (Foto 4.1.7.1.1.4-1).

O nível das águas depende da estação do ano. Entre o ponto mais baixo da seca e o mais alto da cheia, a variação é de 9 a 12 metros. Como o nível máximo deixa marca de umidade nas árvores das margens antes inundadas, no auge da seca é possível fazer ideia do volume absurdo de água escoada entre uma estação e outra.

Dessa diferença resultam paisagens incrivelmente diversas. Na cheia, o rio invade a floresta por muitos quilômetros. Com uma canoa pode-se remar no meio das árvores e penetrar a floresta submersa, entre os raios de sol que escapam do filtro das copas e incidem sobre a água escura. O canto dos pássaros impõe a paz no espírito do visitante.

Na seca, surgem as praias e emergem ilhas de areia branca, às vezes tão fina que parece talco. Não fosse a marca da água no tronco das árvores, impossível lembrar que tanta beleza estivesse anteriormente submersa. Nessa época, os barrancos da margem expõem as camadas do solo, troncos e raízes retorcidas que assumem formas esculturais de rara criatividade.



Foto 4.1.7.1.1.4-1 – Imagem das ilhas do Rio Negro.

As florestas da bacia do rio Negro são as mais preservadas e despovoadas da Amazônia. Na região, estão localizadas as maiores Unidades de Conservação do país: Parque Nacional do Pico da Neblina, Parque Nacional do Jaú e Reserva Sustentável de Amanã. No que tange à conservação, porém, muitas áreas só existem nos decretos que as criaram não havendo ações concretas ou planejamento para sua preservação, de fato. Conforme está descrito amplamente na literatura científica correlata, a vegetação da floresta Amazônica controla a pressão da

herbívoras através da produção de compostos metabólicos secundários, que geram um determinado grau de toxidez em todas as estruturas do vegetal. Com o descarte dos materiais mortos esses compostos são dali retirados pela água da chuva, formando uma solução semelhante a um chá, que vai alcançar o lençol freático dando origem aos igarapés de água preta. Como no mecanismo a solução aquosa passará obrigatoriamente pelo sistema radicular da vegetação florestal, ela ficará despojada de sais minerais, porém, como os metabólicos secundários não são reconhecidos como nutrientes não serão absorvidos. Dessa forma esse tipo de água sob o ponto de vista mineral, é considerado como água destilada e farmacologicamente, como um chá. Por outro lado, a água preta não possui a fase sólida minerais em suspensão e isso impede a existência de um mecanismo gerador de fertilidade, como ocorre na água branca. Em virtude desses fatores a água preta é classificada ecologicamente como um sistema oligotrófico, isto é, com produtividade primária e secundária muito baixa. O seu pH flutua na faixa de 4,40 a 5,40 e não existe efeito tamponizador Carbonato-Bicarbonato de cálcio e magnésio o que prejudica o ciclo biogeoquímico do fósforo e nitrogênio dificultando ou mesmo impedindo a sua absorção pelo meio biótica.

Na Amazônia a ocorrência de água preta é dominante nos sistemas de terra firme. As bacias hidrográficas de água preta são naturalmente evitadas pelo Homem Amazônico e por isso constitui as regiões de menor densidade demográfica.

A água preta do rio Negro em decorrência de sua coloração escura se comporta como um corpo negro em relação à sua capacidade de absorver a radiação solar. Assim, é capaz de absorver em toda a faixa do espectro, ou seja, do ultravioleta ao infravermelho, o que torna os ambientes de água preta naturalmente esterilizados. Lembramos que a radiação ultravioleta além de causar mutações genéticas é esterilizante, enquanto a infravermelha por ser de alta energia provoca aquecimentos desordenados no ambiente aquático causando a heterotermia altamente prejudicial ao desenvolvimento biológico. O modelo natural nos indica um sistema oligotrófico, não somente por dessaturação em nutrientes, mas ainda, por toxidez provocada pelos metabólicos secundários.

A riqueza da água preta em compostos metabólicos secundários e a sua correlação direta com a vegetação de influência nos permitem classificá-la como “medicinal, em relação aos princípios ativos da composição metabólica dominante”. Essa particularidade torna-se de especial importância comercial no tocante à exploração dos recursos hídricos naturais amazônicos, para atividades ligadas ao turismo.

A elevada concentração de compostos metabólicos secundários da água preta oferece, ainda, uma espécie de filtro em relação à sua contaminação microbiológica. O fato ficou bastante caracterizado com a epidemia de cólera que assolou a região nos últimos anos. Em virtude da ausência de saneamento básico esperava-se um estado de calamidade, no entanto, a região não foi infectada. Nas regiões de domínio de água preta não houve sequer um caso de cólera. Estudos realizados na região de Presidente Figueiredo (Bacia do rio Urubu), demonstraram que a água preta determina um forte elo de resistência em meios de cultura para bactérias e fungos filamentosos.

4.1.7.1.2 Hidrologia das Áreas de Estudo

A **Área de Estudo 1** (AEL 1) está plotada em um divisor de água que divide afluentes de baixa ordem do rio Tarumã Açú e do lago do Puraquequara, típicos e característicos de igarapés de terra firme (Figura 4.1.7.1.2-1). Por meio da Figura 4.1.7.1.2-2 pode-se melhor visualizar seis pequenos cursos d'água de primeira ordem que entrecortam a **AEL 1** e a **ADA 1**. As estimativas de suas vazões são encontradas na Quadro 4.1.7.1.2-1.

A **Área de Estudo 2** está plotada em área estritamente de terra firme com igarapé de primeira ordem da bacia do Tarumã Açú. Não tem influência direta do regime hidrológico do rio Negro, com variação de vazão influenciada diretamente pelo regime de chuva local. Se destacando com área transicional influenciada diretamente pelo ambiente terrestre e aquático, incluindo amplo espectro de elementos biológicos e valores socioeconômicos. Caracterizando-se como sistemas próximos de um equilíbrio dinâmico e promotores de elevada heterogeneidade ambiental, seguindo o postulado da dinâmica temporal – Conceito de Pulso de Inundação (JUNK et al., 1989).

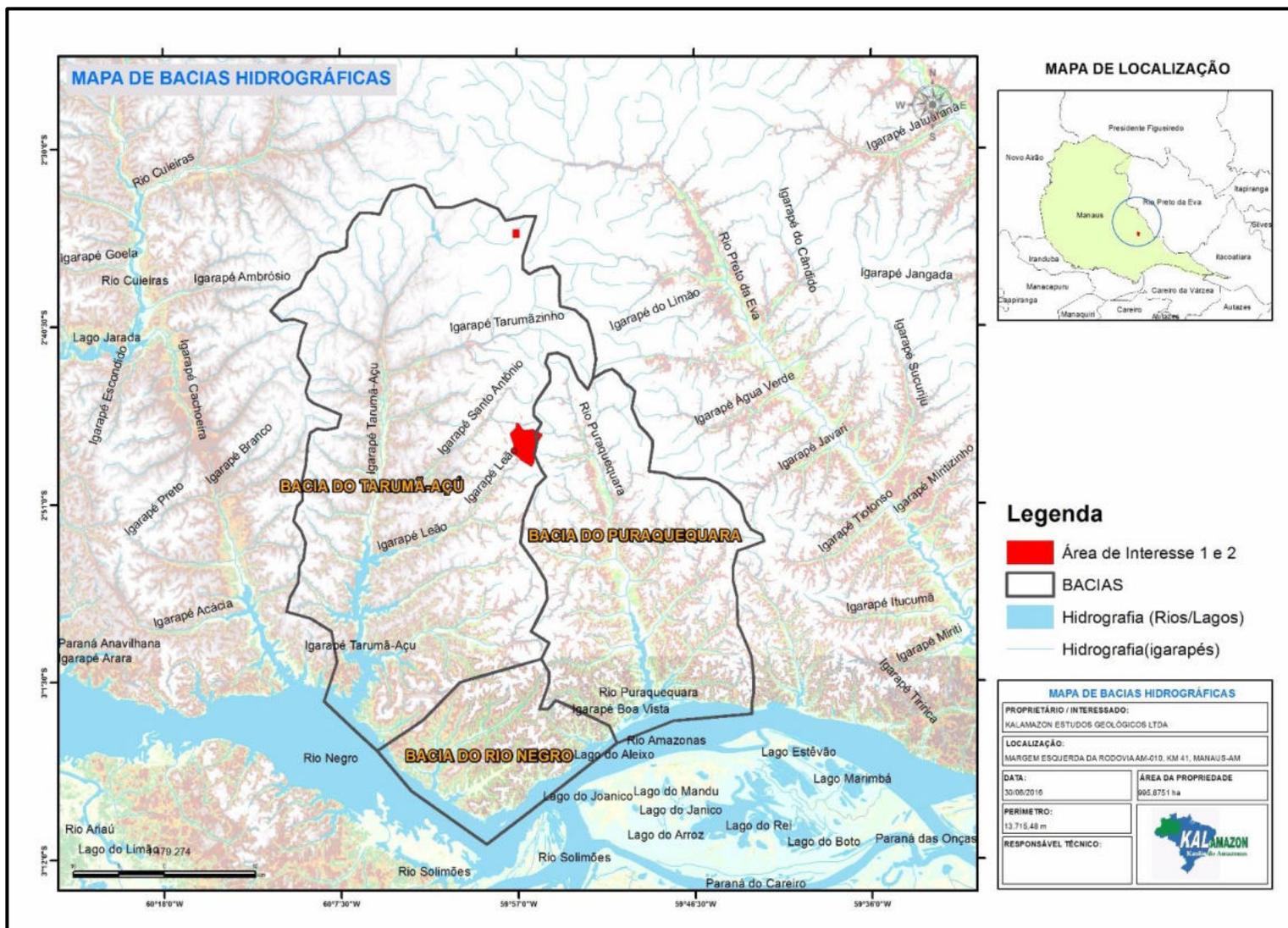


Figura 4.1.7.1.2-1 - Localização das Áreas 1 e 2 em relação as bacias do Tarumã-Açu e Puraquequara.
Fonte: KALAMAZON, 2015.

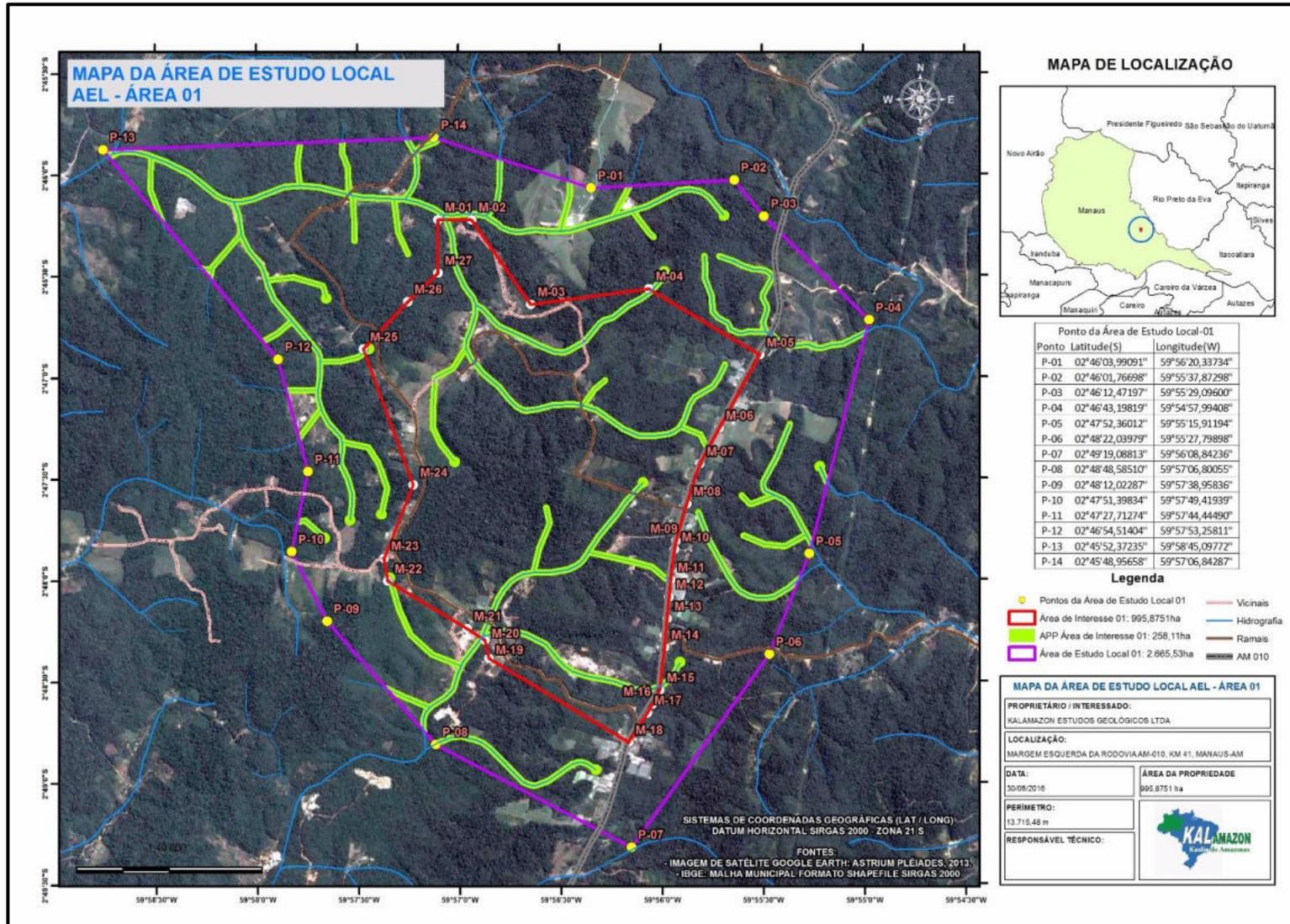


Figura 4.1.7.1.2-2 - Cursos d'água que entrecortam a AEL 1 e a ADA 1.
Fonte: KALAMAZON, 2015.

Conceitualmente segue o modelo geral de bacia hidrográfica é conhecido da obra de John Playfair (1748-1819), —*Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* I, onde a relação entre o vale e o rio que o atravessa é definida da seguinte forma: "*cada rio consiste em um tronco principal, alimentado por um certo número de tributários, sendo que cada um deles corre em um vale proporcional ao seu tamanho, e o conjunto forma um sistema de vales comunicantes com declividades tão perfeitamente ajustadas que nenhum deles se une ao vale principal em um nível demasiado superior ou inferior; tal circunstância seria infinitamente improvável se cada vale não fosse obra do rio que o ocupa*".

Ordem Hidrológica da Área de Estudo

Em 1945, Horton considerou que uma bacia de drenagem deveria ser expressa através de uma abordagem quantitativa em termos (i) da ordem dos canais, (ii) da densidade de drenagem, (iii) da razão de bifurcação e (iv) da razão entre o comprimento e o número de riachos de uma dada ordem. Dentre estes conceitos, a definição de ordem de canal merece destaque, pois aparece como uma das formas mais simples de classificação de um trecho fluvial, sendo utilizada ainda hoje para expressar a relação entre o tamanho e a posição de um riacho na bacia. Trechos de ordem 1 são aqueles riachos que não recebem nenhum tributário. A junção de dois canais de ordem 1 formará um trecho de ordem 2 que permanecerá assim até a junção de dois canais de ordem 2, formando conseqüentemente um canal de ordem 3 e assim por diante (HORTON, 1945, págs. 281-283), conforme a Figura 4.1.7.1.2-3. Esta forma de classificação é conhecida hoje como — Classificação de Strahler, embora o próprio Strahler (1952) reconheça a autoria de Horton (1945).

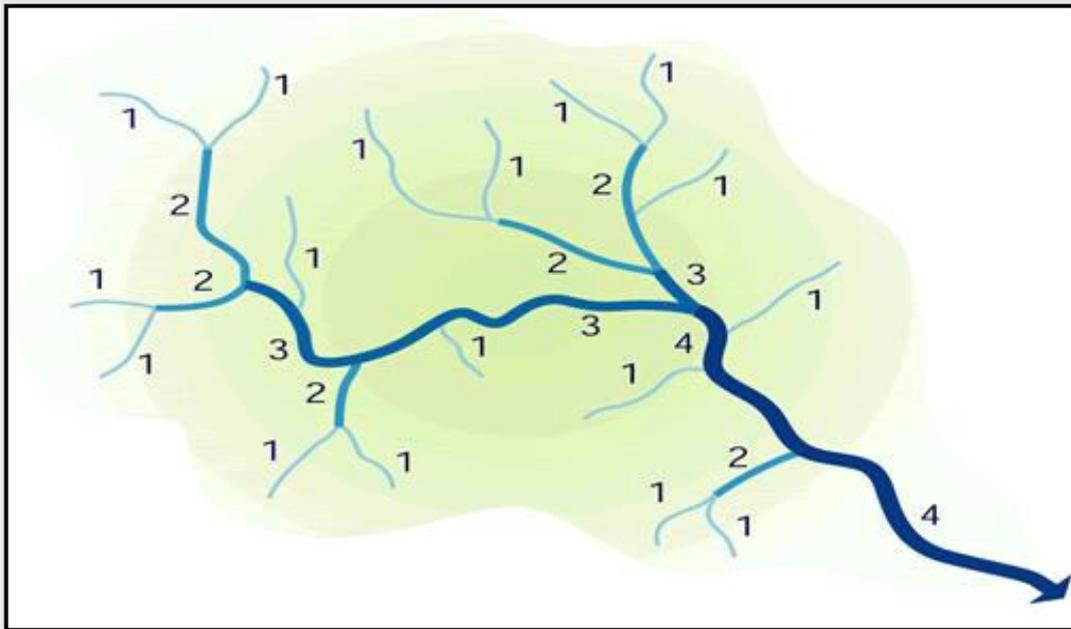


Figura 4.1.7.1.2-3 - Método para a ordem dos rios.
 Fonte: Horton (1945)

A Figura 4.1.7.1.2-3 atribui a cada cabeceira córrego uma ordem de 1, e, em seguida, na confluência dos dois córregos de 1ª ordem atribui a jusante ordem 2ª, seguindo a confluência de dois fluxos de segunda ordem resulta num alcance a jusante de ordem 3, e assim por diante, tal como ilustrado acima.

Desta forma, seguindo o conceito de Horton (1945), a área de estudo se destaca por apresentar vários igarapés de baixa ordem, sendo o principal canal ligado à bacia do Tarumã Açú, o igarapé do Leão, de segunda ordem, que está mais a jusante dessa bacia. Já na bacia do Puraquequara tem-se apenas quatro igarapés de primeira ordem e um de segunda, sem denominação. Na área de estudo 2 apresenta apenas um igarapé de primeira ordem com nascente dentro de uma área de floresta de baixio em área de terra firme.

Cálculo da Vazão

A vazão (m^3/s) dos cursos principais dos igarapés foi obtida relacionando-se velocidade média, largura e profundidade, pela fórmula $Q = A \cdot V_m$, onde, Q = vazão; V_m = velocidade média da corrente; A = área média na secção transversal do curso de água. Foi calculada a média da área de três transectos em cada trecho estudado, pela fórmula: $A_t = \sum n_i A_n$ onde, A_t = área do transecto dada pela somatória de $[(Z_1+Z_2)/2] \cdot l + [(Z_2+Z_3)/2] \cdot l + \dots [(Z_n+Z_{n+1})/2] \cdot l$ onde, Z_n = profundidade medida em cada segmento; l = largura de cada segmento. Da Foto 4.1.7.1.2-1 a Foto 4.1.7.1.2-5 estão as imagens do local de medição de vazão.

Ponto de Medição	Nome do local	Coordenadas	Vazão (06.04.16)	
			(m ³ /s)	(m ³ /h)
Ponto 1	Igarapé do Leão Ramal Areal (ADA)	02° 48' 14,22" 59° 56' 49,40"	0,185567	668,04
Ponto 2	Igarapé 1 do Ramal da União (ADA)	02° 47' 08,0" 59° 56' 23,2"	0,031736	114,25
Ponto 3	Igarapé 2 do Ramal da União (ADA)	02° 46' 48,4" 59° 56' 22,5"	0,010135	36,49
Ponto 4	Igarapé 2ª. ordem Ramal União (ADA)	02° 46' 13,4" 59° 57' 02,7"	0,358012	1.288,84
Ponto 5	Igarapé 1 Ramal São Francisco (AEL)	02° 48' 13,68" 59° 54' 38,20"	0,246675	888,03
Ponto 6	Igarapé 2 Ramal São Francisco (AEL)	02° 48' 13,67" 59° 54' 38,02"	0,420137	1.512,49

Quadro 4.1.7.1.2-1 – Dados sobre as vazões calculadas nos principais igarapés da ADA.



Foto 4.1.7.1.2-1 - Igarapé do Leão transpondo ramal do Areal (Ponto 1).



Foto 4.1.7.1.2-2 – Igarapé 1 cruzando o ramal da União (Ponto 2).



Foto 4.1.7.1.2-3 – Igarapé 2 cruzando o ramal da União (Ponto 3).



Foto 4.1.7.1.2-4 - Igarapé 2ª. ordem cruzando o final do ramal da União (Ponto 4).



Foto 4.1.7.1.2-5 - Igarapés 1 e 2 - Ramal São Francisco (Pontos 5 e 6).

Regime Pluviométrico

O gráfico 4.1.7.1.2-1 mostra o regime de chuva da área de estudo com nítida variação pluviométrica, dados obtidos do Laboratório de Agroclimatologia da EMBRAPA, estação situada no km 29 da rodovia AM-010 com séries de dados de 1971 a 2009. O período mais chuvoso está entre os meses de março e abril e o mais seco no bimestre agosto e setembro. A flutuação da vazão está diretamente condicionada ao regime de chuva.

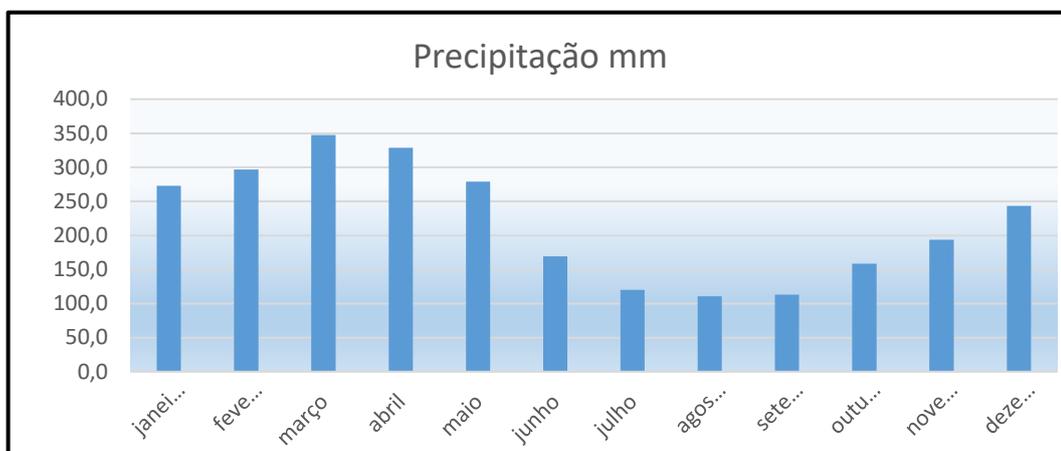


Gráfico 4.1.7.1.2-2 – Regime de chuva em médias mensais com séries de dados de 1971 a 2009.
Fonte: EMBRAPA, 2009.

Disponibilidade Hídrica

A preocupação com os aspectos quantitativos ou de disponibilidade hídrica vem desde os primórdios de nossa civilização: o homem sempre procurou viver próximo aos rios. Os nômades e as primeiras comunidades procuravam viver próximo aos rios para suprir suas necessidades vitais, como sua dessedentação, alimentação e higiene. Com o aumento populacional, e consequente aumento da demanda, observou-se a necessidade de se avaliar a oferta de água disponível, visando a manutenção ou sustentabilidade das atividades de uma determinada região. Assim apareceram os primeiros estudos de seleção de local para implantação de sistemas de abastecimento de água, público e privado, levando em conta a demanda atual e futura necessária - estudos da disponibilidade hídrica dos diversos mananciais adjacentes ao local da demanda planejada (núcleos urbanos, indústrias ou agricultura).

Na referida área de estudo não é possível determinar a disponibilidade hídrica superficial pois não é possível obter informações de séries históricas do regime fluviométrico das duas micro-bacias avaliadas, pois são necessários dados seriais de mais de dez anos.

Nas áreas alagáveis, a interação entre o corpo d'água e a biota marginal é decisiva. A produção primária autóctone das florestas marginais tem grande importância para as teias alimentares dos corpos d'água e das planícies marginais.

A supressão de ambientes rompe a conectividade e confina e isola organismos de muitas espécies. Essas comunidades respondem às condições peculiares determinadas pelos pulsos de inundação. Desta forma, o uso e a exploração irregular da água podem causar diversos impactos sociais.

O cálculo de valoração desse recurso em grandes projetos deve incluir os custos sociais. O consumo doméstico de água pelas populações humanas da região é muito pequeno quando comparado com o volume de água existente na área de estudo. Não obstante, água própria para consumo pode escassear por poluição e pela ocorrência de infecções e parasitas em populações rurais e urbanas.



Foto 4.1.7.1.2-6 - Área alagada logo após uma chuva torrencial, o efeito de subida e descida do nível é quase imediato, a biota está adaptada a este tipo de flutuação hidrológica.

4.1.7.1.3 Conclusões

O regime hidrológico típico de igarapés de terra firme, a variação do nível e a vazão dos corpos d'água estão diretamente influenciados pelas estações chuvosas e secas. Não há registro de séries históricas do fluxo hídrico da região em estudo. A conectividade existente entre

atributos hidrogeomorfológicos faz com que cada bacia possua um regime hidrológico próprio, o qual pode ser expresso pelos níveis/vazões ao longo do ano hidrológico. As inundações, como manifestações claras dos pulsos existentes, são responsáveis pela permanência, produtividade e interações da grande biota verificada nas áreas de estudo.

Na referida área de estudo não é possível determinar a disponibilidade hídrica superficial, pois não é possível obter informações de séries históricas do regime fluviométrico das duas micros-bacias avaliadas. Nessa área não foram instalados, até o presente momento, estações fluviométricas para pequenos cursos d'água. Segundo Setti et al (2000) são necessários dados seriais de mais de dez anos para ser possível realizar tal análise.

4.1.7.2 Hidrogeologia

Este tema aborda as condições hidrogeológicas presentes na área do empreendimento, levando em consideração a compartimentação geológico-geomorfológica do terreno em estudo. Dessa forma, caracteriza-se o contexto hidrogeológico regional e local, bem como os condicionantes hidrogeológicos presentes no sítio de exploração do minério de caulim.

Os principais elementos de análise estão relacionados ao padrão de drenagem e escoamento superficial, a estruturação do perfil caulínico do platô e o comportamento e percolação da água ao longo desses horizontes.

Com base na avaliação das condições hidrogeológicas que foi usada como dados secundários procurou-se conceituar o comportamento local do aquífero, com indicação das zonas de recarga e descarga, linhas de fluxo e padrão de circulação da água ao longo dos horizontes do perfil caulínico.

Tendo em vista que as características ambientais da área estudada estão relacionadas regionalmente com o município de Manaus, e que em função de existirem trabalhos realizados sobre um levantamento geológico, topográfico e a prospecção para a locação, perfuração e desenvolvimento de um poço tubular profundo e de um segundo poço para servir como piezômetro referencial nos estudos de caracterização qualitativa e quantitativa do aquífero potencial, bem como no levantamento das propriedades hidrodinâmicas do poço, que, em conjunto, constituem o sistema de captação a ser explorado, - e uma vez que a referida área do Projeto acha-se localizada no município de Manaus, Estado do Amazonas, nas proximidades da rodovia AM-010 e BR 174, distando-se de 25 a 50 km da zona urbana da cidade de Manaus, optou-se por considerar como relevantes essas informações para este projeto.

O acesso para a áreas do projeto pode ser feita a partir de Manaus seguindo-se pela rodovia AM-010 no sentido Rio Preto da Eva, onde no Km 42,7 converge-se para oeste em uma estrada vicinal até atingir os limites sul/leste da área e pela AM-010 até o 53 km a partir de Manaus e a partir desse ponto converge-se a esquerda na estrada vicinal ZF-01, seguindo por 21 km no sentido norte até atingir o limite sul da área de pesquisa, o que permite que os dados físicos referentes a esta podem perfeitamente ser aplicados em relação àquela. Nesse contexto, os referidos dados caracterizam-se quanto a localização, profundidade, características construtivas, data da instalação de bombas, controle de produção, controle de nível dinâmico e qualidade da água, observadas as diretrizes constantes na Resolução CONAMA nº 396/2008. Dessa forma, a metodologia usada dos dados secundários pode ser transportada para as áreas em questão, uma vez que as características físicas, químicas e ambientais (geologia, litologia, solo, relevo, ar e água), são basicamente as mesmas, ficando assim como um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações.

Foram, ainda com base nos poços existentes, feitas a análise de disponibilidade e análise da demanda de recursos hídricos subterrâneos, simulação dos processos de recarga, circulação e recarga dos aquíferos existentes na área de influência direta do empreendimento (Figura 4.1.7.2-1).



Figura 4.1.7.2-1 - Área do empreendimento com relação aos Poços existentes, utilizados como dados secundários.

Fonte: OLIVEIRA, 2015.

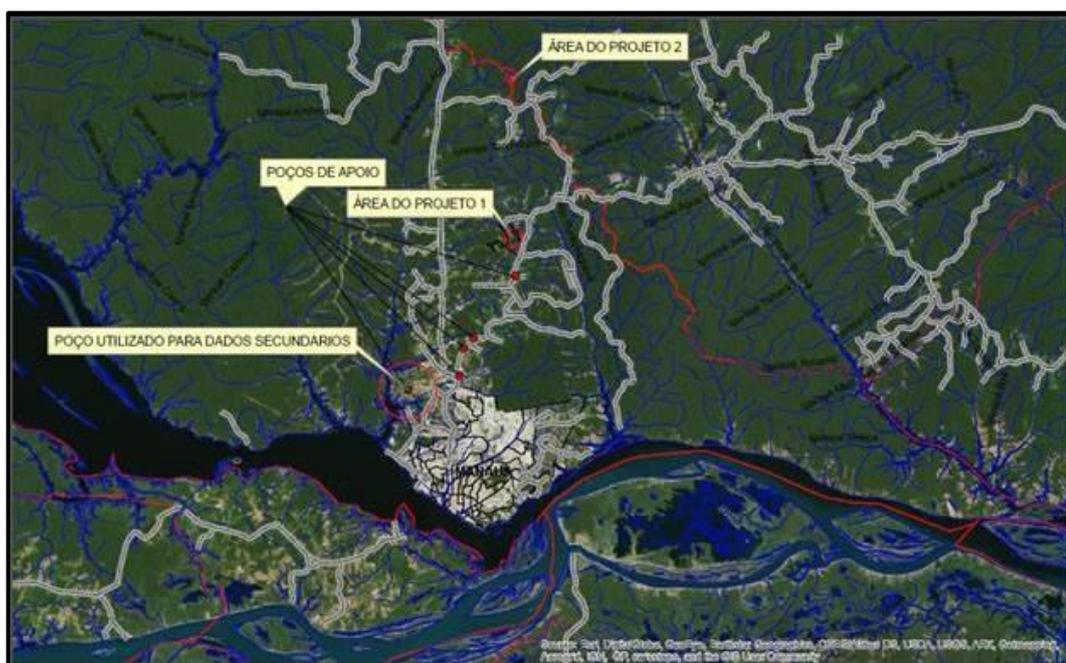


Figura 4.1.7.2-2 - Área do empreendimento com relação aos Poços existentes, produzido a partir de imagem de satélite.

Fonte: OLIVEIRA, 2015.

4.1.7.2.1 Contexto Hidrogeológico Regional

Os recursos hidrogeológicos na região Amazônica encontram-se ainda pouco estudados e a carência de informações é justificada pela grande disponibilidade de águas superficiais, o que ocasionou uma menor demanda no conhecimento e caracterização dos aquíferos em subsuperfície.

A região de Manaus encontra-se inserida no domínio da cobertura sedimentar fanerozóica da Bacia Amazônica, porção da sub-bacia do médio Amazonas. O ambiente geológico regional é formado pela Formação Alter do Chão, representativa de um ambiente continental fluvial de idade cretácea, na qual se tem a ocorrência de sedimentos avermelhados sob a forma de arenitos, argilitos, siltitos e conglomerados.

A constituição predominantemente arenosa, grande espessura (a espessura na seção-tipo é de 545 m), área de abrangência e profundidades acessíveis à captação, dão a essa formação geológica a condição de um dos mais importantes sistemas hidrogeológicos da região amazônica.

Informações secundárias obtidas durante o estudo e referenciadas às águas da Formação Alter do Chão, as classificam como hipotermal com pH médio em torno de 4,8. Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) são inferiores a 100 mg/l, porém o conteúdo de ferro alcança algumas

vezes 15 mg/l, podendo mostrar-se excessivamente corrosivas (Alcoa no Brasil/Ominia Minérios, Estudo de Impacto Ambiental, 2005).

Para ilustrar o comportamento de alguns dos parâmetros hidrogeológicos associados a essa formação, dados referenciados à região de Manaus (AM) mostram que essa unidade litológica: (i) é constituída por arenitos e argilitos friáveis, intercalados por níveis e camadas de arenitos e 4-145 argilitos consolidados, com espessura da ordem de 200 m; (ii) apresenta transmissividades (T) com valores compreendidos entre 130 m²/d a 790 m²/d; (iii) possui porosidade específica (he) de 0,2; e (iv) apresenta coeficiente de armazenamento (S) de 3.10-4 a 4.10-4 m⁻¹ (Alcoa no Brasil/Ominia Minérios, Estudo de Impacto Ambiental, 2005).

Com base nesses parâmetros indicativos pode-se afirmar que a Formação Alter do Chão apresenta um grande potencial quanto ao armazenamento de água subterrânea, o que a coloca na condição de um aquífero típico.

4.1.7.2.2 Contexto Hidrogeológico Local

Na área do Projeto, em consonância com a compartimentação geomorfológica, a Formação Alter do Chão encontra-se recoberta por litologias com características particulares e distintas. No platô, esta formação ocorre como substrato de um perfil de argila vermelha, areia argilosa amarelada, areia fina amarelada, areia fina esbranquiçada, areia grossa esbranquiçada, areia grossa amarronzada e areia fina amarronzada.

No entorno do platô, em relevo de colinas pequenas sustentadas pelas litologias da Formação Alter do Chão, ocorrem coberturas detríticas arenosas incoesas que se comportam como aquíferos livres. Associados à planície, temos sedimentos quaternários inconsolidados silto-argilosos que também são caracterizados como aquíferos livres (Alcoa no Brasil/Ominia Minérios, Estudo de Impacto Ambiental, 2005).

4.1.7.2.3 Condicionantes Hidrogeológicos nos Corpos Cauliníticos

4.1.7.2.3.1 Estruturação dos Depósitos Cauliníticos

Os platôs onde se encontram alojados os corpos cauliníticos na Estrada AM-010 a 35-38 km ao Norte de Manaus ocorrem sedimentos espessos contendo areias cauliníticas em grandes áreas. Esses terrenos apresentam-se definidos por uma borda irregular sinuosa e são

limitados por escarpas inclinadas moldadas a partir da evolução contínua de modelagem do relevo local.

Do ponto de vista hidrogeológico esta condição reveste-se de grande importância pois, como boa parte da zona de recarga nos platôs encontra-se nesse tipo de material, deve-se esperar uma condição de condutividade e transmissividade hidráulicas bem mais favoráveis à percolação da água em subsuperfície.

Admitindo-se que a argila do capeamento presente nesta sequência possua uma condição de heterogeneidade estrutural, textural e granulométrica não desprezíveis, as suas condições de porosidade e permeabilidade devem ser elevadas apesar da pequena evidência de estruturação sistemática.

4.1.7.2.3.2 Drenagem e Escoamento Superficial nos Platôs

As superfícies dos platôs não são efetivamente planas e apresentam leves ondulações que se acentuam no sentido das vertentes. Eventualmente, essas ondulações podem dar origem a bacias internas localizadas que podem reter e acumular água em corpos discretos e rasos, principalmente durante as chuvas mais intensas, e que são dissimulados pela serrapilheira gerada pela cobertura florestal.

Quanto à drenagem superficial no alto dos platôs, verifica-se que esta é pobre, difusa e o escoamento superficial só se dá esporadicamente em condições de grandes precipitações.

Embora exista uma ideia generalizada de que os platôs cauliniticos sejam pouco permeáveis em função da presença de um capeamento argiloso relativamente espesso, atingindo até uma dezena de metros, as observações práticas mostram que, ao contrário do que se poderia esperar, a água precipitada penetra relativamente rápido nos platôs e, dentro de um modelo clássico previsível de comportamento hidrogeológico, deve ressurgir na forma de exsudações e “fontes” localizadas nas escarpas do talude, quer seja na zona de contato entre o horizonte laterítico e seu capeamento argiloso, ou em horizontes arenosos com maior condutividade hidráulica que se posicionam na sequência da Formação Alter do Chão, abaixo daquele horizonte.

4.1.7.2.3.3 Conceituação do Comportamento Local do Aquífero

O processo de formação do solo na região é resultante do clima tropical úmido com intercalação de períodos chuvosos e secos que favorece o intenso intemperismo químico que predomina em toda a Amazônia Ocidental. O processo básico deste intemperismo é a hidrólise dos silicatos que leva a dissolução dos minerais primários principalmente dos feldspatos e minerais máficos pela lixiviação dos cátions (Ca, Na, K, Mg).

Um ambiente de boa drenagem e alternância do nível d'água subterrânea preferencialmente em relevo de platôs favorece a formação de argilo-minerais tais como a caulinita $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e/ou goethita $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e/ou gibsitita $\text{Al}(\text{OH})_3$, dependendo da intensidade da lixiviação e das condições de Ph da água. A sialitização é o nome do processo geoquímico do ciclo exógeno que leva a formação principal de minerais do grupo da caulinita, e assim a geração do minério objetivo deste projeto.

O perfil de solo pode chegar até uma profundidade de 35 a 40 m de espessura como mostra o perfil esquemático nas figuras abaixo e detalhado a seguir:

- Latossolo de cobertura (LS): horizonte superior do solo. Atinge em média 9.5 m de espessura, sendo mais raso nas encostas (6 m) e chegando a 13m no topo de alguns platôs. É composto por material areno-argiloso amarelo-alaranjado a avermelhado. A mineralogia das argilas é de goethita e caulim intensamente impregnado por hidróxido de ferro. No caso de lavra este horizonte deverá ser removido e estocado para posterior recolocação na área previamente lavrada.
- Zona Mosqueada (MZ): Intervalo de transição entre o LS acima e a zona pálida abaixo. É constituída por um intervalo de caulim rico em impregnações de ferro (cor rosa a avermelhada) e titânio (cor alaranjada) dando um aspecto mosqueado ao intervalo. Ocorre de forma descontínua e com espessura de até 4 metros. Devido a presença de caulinita esse intervalo pode ser considerado como um minério marginal, onde estudos de melhoria da alvura deverão ser realizados com objetivo de aproveitar esse caulim durante a lavra.
- Zona Pálida (PZ): situado imediatamente abaixo da MZ, com espessura de 12m em média (aberto em profundidade) e corresponde a Zona do Minério de Caulim, mas que pode chegar a 25m de espessura conforme tem se observado regionalmente. Este horizonte é assim chamado pela sua cor característica em tons brancos e de enriquecimento em caulim. Ela corresponde ao saprolito das rochas da Fm. Alter do Chão. Caracteristicamente as camadas do minério são facilmente desmontáveis mecanicamente, sendo inclusive escaváveis manualmente (Figura 4.1.7.2.3.3-1).

	MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA	CORES	ROCHA ORIGINAL	ESTRUTURAS
LATOSSOLO	OXIDOS/HIDROXIDOS DE Fe CAULINITA (GIBSITA)	ROSA-ALARANJADO/ROSADO		
10m ZONA MOSQUEADA	CAULINITA OXIDOS/HIDROXIDOS DE Fe (GIBSITA)	CRFMP A/ARANJADO/ROSADO		
13m ZONA PÁLIDA (ZONA DO MINÉRIO)	CAULINITA (OXIDOS/HIDROXIDOS DE Fe)	CREME-ESBRANQUIÇADO BRANCO-ROSADO BRANCO	ARGILITO CAULÍNICO CONGLOMERADO- INTRAFORMACIONAL ARCOSEOS-WACKES ARCÓSEOS-WACKES ARCÓSEOS (SUB-ARCÓSEOS) MICROCONGLOMERADOS	"MUD-CRACKS" "MUD-BALLS" ESTRATIF. PLANO-PARALELA ACAMAMENTO GRADACIONAL "FINING UPWARD" ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA PLANA E PLANO-PARALELA ACAMALADA
43m FRAGMENTOS DE ROCHA		VERMELHO-ROSADO LLAS	ARENITO ALTERADO	

Figura 4.1.7.2.3.3-1- Sumário de Texturas, Estruturas e Litologias no Perfil de Solo e Saprolito.
Fonte: PINTO, 1999.



Figura 4.1.7.2.3.3-2 - Corte de estrada na Rodovia AM-010, do topo para a base: horizonte de latossolo (LS) zona mosqueada (MZ) e zona pálida (PZ).
Fonte: PINTO, 2015.

Os reservatórios de águas subterrâneas ou lençóis comumente chamados podem estar acumuladas em dois tipos de lençóis: o freático ou o cativo (confinado). O lençol freático caracteriza-se por está assentado sobre uma camada impermeável de sub-solo, rocha por exemplo, e submetido a pressão atmosférica local. O lençol cativo caracteriza-se por está confinado entre duas camadas impermeáveis de crosta terrestre e submetido a uma pressão superior a pressão atmosférica local.

A captação do **lençol freático** pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos. O emprego de galerias filtrantes é característico de terrenos permeáveis, mas de pequena espessura (aproximadamente de um a dois metros) onde há necessidade de se aumentar a área vertical de captação para coleta de maior vazão. Estas galerias em geral são tubos furados, que convergem para um poço de reunião, de onde a água é retirada em geral por bombeamento, não sendo incomuns outros métodos mais rudimentares.

A captação de **lençóis cativos (confinado)** normalmente é feita através de poços artesianos e, mais raramente, por fontes de encosta.

Na área do projeto ao que se refere à profundidade do lençol no platô, baseado nas informações e observações efetuadas nos dados primários e secundários, observamos que nas posições mais centrais dos platôs o nível d'água deve situar-se entre 20 a 32 m, conforme profundidade média observada no final dos poços de sondagens (Quadro 4.1.7.2.3.3-1 e Quadro 4.1.7.2.3.3-5).

Furo	UTM_E	UTM_N	Long	Lat	Cota	Prof. Furo m	Final do Furo	LS Latosolo de Cobertura Esp m	MZ Camada Intermediária Esp m	PZ Minério Principal Esp m	SD	PZ Argila Caulim %	PZ Areia %
KR001	171.161	9.690.261	-59.9574	-2,79852	130	24	Interrompido	14	3	10	0	46,13	53,87
KR002	170.277	9.690.487	-59.9653	-2,79646	107	20	Ruim	9	2	11	0	27,45	72,55
KR003	169.847	9.689.500	-59.9692	-2,80537	130	20	Lençol Freatico	7	5	8	0	48,81	51,19
KR004	168.910	9.688.831	-59.9776	-2,81139	120	20	Lençol Freatico	7	5	8	0	28,53	71,47
KR005	167.156	9.688.532	-59.9934	-2,81405	125	30	Lençol Freatico	15	2	15	0	37,68	62,32
KR007	169.570	9.693.307	-59.9716	-2,77097	110	17	Ruim	8	3	9	0	29,48	70,52
KR008	169.415	9.692.069	-59.973	-2,78215	123	30	Lençol Freatico	13	5	17	0	40,19	59,81
KR009	169.985	9.691.172	-59.9679	-2,79026	119	27	Lençol Freatico	13	4	14	0	35,05	64,95
KR010	168.319	9.690.498	-59.9829	-2,79632	107	21	Lençol Freatico	11	3	10	0	43,81	56,19
KR097	171.971	9.691.055	-59.9501	-2,79137	123	27	Lençol Freatico	11	2	14	0	41,74	58,26
KR098	171.621	9.691.672	-59.9532	-2,78579	121	24	Lençol Freatico	11	2	11	0	39,24	60,76
KR099	171.577	9.690.219	-59.9536	-2,79891	109	32	Lençol Freatico	12	2	18	0	36,42	63,58
KR100	170.741	9.690.929	-59.9611	-2,79248	124	29,4	Baixa Recuperação	11	2	16,4	0	29,57	70,43
KR101	171.318	9.692.180	-59.9559	-2,78119	107	26	Baixa Recuperação	9,1	1,9	15	0	41,74	58,26
KR102	171.296	9.689.809	-59.9562	-2,80261	126	30	Baixa Recuperação	11	2	17	0	41,9	58,1
KR103	171.521	9.690.104	-59.9541	-2,79995	112	29	Ruim	11	2	16	0	36,62	63,38
KR104	170.051	9.689.995	-59.9674	-2,8009	110	26,6	Ruim	9	1	15	1,6	33,97	66,03
KR106	170.817	9.689.702	-59.9605	-2,80356	120	28	Baixa Recuperação	11	1	16	1	38,38	61,62
KR107	170.012	9.689.691	-59.9677	-2,80365	146	22,4	Lençol Freatico	11	2	9,4	0	40,63	59,37
KR108	170.869	9.690.095	-59.96	-2,80002	108	25	Ruim	10	2	16	0	34,29	65,71
KR109	170.937	9.690.497	-59.9594	-2,79638	107	28	Baixa Recuperação	10	1	17	0	41,11	58,89
KR110	170.356	9.689.656	-59.9646	-2,80397	111	27,7	Ruim	10	2	15	0	34,18	65,82
KR111	171.215	9.690.496	-59.9569	-2,7964	109	26,8	Baixa Recuperação	8	1	17,8	0	27,16	72,84
KR112	170.260	9.690.005	-59.9655	-2,80082	121	28,4	Lençol Freatico	8	2	20,4	0	32,41	67,59
KR113	170.406	9.690.967	-59.9641	-2,79213	117	28	Baixa Recuperação	11	2	15	0	37,66	62,34
KR114	171.596	9.690.496	-59.9535	-2,79641	123	26,5	Ruim	11	2	12,7	0	45,01	54,99
KR115	169.601	9.689.700	-59.9714	-2,80355	110	27	Ruim	10	2	14	1	43,81	56,19
KR116	169.591	9.690.504	-59.9715	-2,79629	98	31	Lençol Freatico	5,4	1,6	24	0	27,99	72,01
KR117	169.658	9.690.095	-59.9709	-2,79999	112	29	Ruim	10	1	17	0	43,66	56,34
KR118	171.601	9.690.901	-59.9534	-2,79275	110	25	Baixa Recuperação	7	2	16	0	35,09	64,91

Quadro 4.1.7.2.3.3-1 - Resultado da sondagem executada no local de interesse.

Furo	UTM_E	UTM_N	Long	Lat	Cota	Prof. Furo m	Final do Furo	LS Latosolo de Cobertura Esp m	MZ Camada Intermediária Esp m	PZ Minério Principal Esp m	SD	PZ Argila Caulim %	PZ Areia %
KR119	171.203	9.690.900	-59,957	-2,79275	109	22,4	Lençol Freatico	10	1	12,4	0	29,95	70,05
KR120	173.740	9.689.704	-59,9342	-2,80361	120	28	Baixa Recuperação	9	2	17	0	44,7	55,3
KR121	170.048	9.690.467	-59,9674	-2,79664	99	18	Baixa Recuperação	7	1	9	1	36,31	63,69
KR122	170.034	9.690.906	-59,9675	-2,79267	92	27,2	Lençol Freatico	11	1	15,2	0	28,77	71,23
KR123	172.027	9.691.344	-59,9496	-2,78876	108	23	Baixa Recuperação	7	1	15	0	39,17	60,83
KR124	171.630	9.691.290	-59,9531	-2,78924	109	26	Lençol Freatico	10	2	14	0	46,09	53,91
KR125	172.437	9.691.287	-59,9459	-2,78928	94	15	Lençol Freatico	4	2	9	0	44,51	55,49
KR126	172.024	9.690.473	-59,9496	-2,79663	122	32	Baixa Recuperação	12	1	19	0	51,07	48,93
KR127	172.026	9.690.838	-59,9496	-2,79333	115	19	Lençol Freatico	6	6	7	0	29,39	70,61
KR128	172.426	9.690.499	-59,946	-2,7964	112	18	Lençol Freatico	5	2	11	0	32,71	67,29
KR129	172.434	9.690.899	-59,9459	-2,79279	123	28	Lençol Freatico	10	2	16	0	42,16	57,84
KR130	171.997	9.690.150	-59,9499	-2,79954	112	27	Baixa Recuperação	12	1	14	0	43,78	56,22
KR131	169.647	9.688.712	-59,971	-2,81248	127	26	Baixa Recuperação	11	2	13	0	41,96	58,04
KR132	168.022	9.688.894	-59,9856	-2,8108	117	25	Baixa Recuperação	10	1	14	0	36,34	63,66
KR133	166.831	9.690.571	-59,9963	-2,79562	105	27	Baixa Recuperação	11,8	2,2	15,2	0	30,4	69,6
KR134	168.034	9.691.663	-59,9854	-2,78578	119	26	Baixa Recuperação	7	1	18	0	33,71	66,29
KR155	172.409	9.692.590	-59,9461	-2,77751	87	28	Baixa Recuperação	6	1	21	0	24,42	75,58
KR186	173.238	9.691.291	-59,9387	-2,78926	121	27	Baixa Recuperação	9	1	17	0	41,04	58,96
KR187	172.839	9.691.282	-59,9423	-2,78934	110	22,8	Lençol Freatico	10	0	12,8	0	22,06	77,94
KR188	172.837	9.690.878	-59,9423	-2,79299	88	6,5	Lençol Freatico	3	1	2,5	0	28,56	71,44
KR189	173.240	9.690.883	-59,9387	-2,79295	110	22	Lençol Freatico	2	3	17	0	23,8	76,2
KR191	174.668	9.692.183	-59,9258	-2,78124	115	25,2	Ruim	12	2	10	0	32,99	67,01
KR196	174.106	9.690.765	-59,9309	-2,79404	120	28	Ruim	11	1	15	1	39,01	60,99
KR197	170.642	9.690.231	-59,962	-2,79878	106	23,4	Lençol Freatico	11	2	10,4	0	39,57	60,43
KR198	171.231	9.690.023	-59,9567	-2,80068	120	26	Baixa Recuperação	11	1	14	0	53,19	46,81
KR199	171.409	9.690.408	-59,9551	-2,7972	111	23	Lençol Freatico	11	2	10	0	40,39	59,61
KR200	171.779	9.690.345	-59,9518	-2,79778	128	27	Lençol Freatico	9	2	16	0	35,41	64,59
KR201	171.791	9.690.699	-59,9517	-2,79458	116	23	Lençol Freatico	11	4	8	0	41,69	58,31
KR202	172.221	9.690.655	-59,9478	-2,79499	128	23,3	Lençol Freatico	12	2	9,3	0	45,24	54,76
KR203	171.785	9.691.079	-59,9517	-2,79115	118	22,7	Lençol Freatico	11	2	9,7	0	38,21	61,79

Quadro 4.1.7.2.3.3-2 - Resultado da sondagem executada no local de interesse.

Furo	UTM_E	UTM_N	Long	Lat	Cota	Prof. Furo m	Final do Furo	LS Latosolo de Cobertura Esp m	MZ Camada Intermediária Esp m	PZ Minério Principal Esp m	SD	PZ Argila Caulim %	PZ Areia %
KR204	169.465	9.690.285	-59,9726	-2,79827	119	27	Lençol Freatico	11	2	14	0	37,79	62,21
KR205	170.586	9.690.503	-59,9625	-2,79632	104	28	Baixa Recuperação	9	1	18	0	30,27	69,73
KR206	169.800	9.690.300	-59,9696	-2,79814	107	11	Lençol Freatico	6	1	4	0	21,82	78,18
KR207	169.802	9.689.898	-59,9696	-2,80177	109	22	Lençol Freatico	11	2	9	0	36,9	63,1
KR208	170.338	9.689.255	-59,9648	-2,80759	130	28	Lençol Freatico	12	2	14	0	42,22	57,78
KR209	171.416	9.690.693	-59,9551	-2,79462	103	27	Baixa Recuperação	10	3	14	0	26,59	73,41
KR210	172.650	9.691.099	-59,944	-2,79099	110	26	Baixa Recuperação	11	2	13	0	35,58	64,42
KR211	169.299	9.690.892	-59,9741	-2,79278	75	8,8	Lençol Freatico	8,8					
KR212	172.844	9.691.625	-59,9422	-2,78624	96	8,6	Lençol Freatico	5	0	3,6	0	16,52	83,48
KR213	172.828	9.692.044	-59,9424	-2,78245	120	27	Ruim	8	2	14	0	33,11	66,9
KR214	173.216	9.691.624	-59,9389	-2,78625	94	5,6	Lençol Freatico	3	0	2,6	0	20,16	79,84
KR215	173.207	9.692.528	-59,9389	-2,77809	118	19	Lençol Freatico	9	4	4	0	32,64	67,36
KR216	173.240	9.692.115	-59,9386	-2,78182	112	23,6	Baixa Recuperação	7	5	11,6	0	34,62	65,38
KR217	174.040	9.692.078	-59,9315	-2,78217	125	28	Baixa Recuperação	13	4	11	0	39,79	60,21
KR220	171.995	9.691.751	-59,9498	-2,78508	94	20,8	Lençol Freatico	9	3	8,8	0	30,7	69,3
KR222	172.362	9.691.671	-59,9465	-2,78581	109	20,1	Lençol Freatico	6	1	13,1	0	50,16	49,84
KR224	174.691	9.693.408	-59,9256	-2,77017	132	31,8	Lençol Freatico	9	4	18,8	8,8	25,97	74,03
KR226	173.966	9.691.713	-59,9321	-2,78547	120	28,8	Baixa Recuperação	8	2	17	1,8	39,63	60,37
KR227	173.702	9.692.125	-59,9345	-2,78174	117	29	Baixa Recuperação	8	8	12	1	31,73	68,28
KR228	173.615	9.691.630	-59,9353	-2,78621	136	25,3	Baixa Recuperação	11	6	8,3	0	34,01	65,99

Quadro 4.1.7.2.3.3-3 - Resultado da sondagem executada no local de interesse.

Furo	zona	UTM_E	UTM_N	Long.	Lat.	Cota	Prof. Furo m	Cota água	Final do Furo	Data
KR003	21	169.847	9.689.500	-59,9692	-2,80537	130	20	110	água	out/08
KR004	21	168.910	9.688.831	-59,9776	-2,81139	120	20	100	agua	nov/08
KR005	21	167.156	9.688.532	-59,9934	-2,81405	125	30	95	agua	nov/08
KR008	21	169.415	9.692.069	-59,973	-2,78215	123	30	93	agua	nov/08
KR009	21	169.985	9.691.172	-59,9679	-2,79026	119	27	92	agua	nov/08
KR010	21	168.319	9.690.498	-59,9829	-2,79632	107	21	86	agua	nov/08
KR097	21	171.971	9.691.055	-59,9501	-2,79137	123	27	96	agua	13/10/2010
KR098	21	171.621	9.691.672	-59,9532	-2,78579	121	24	97	agua	14/10/2010
KR099	21	171.577	9.690.219	-59,9536	-2,79891	109	32	77	agua	14/10/2010
KR107	21	170.012	9.689.691	-59,9677	-2,80365	146	22,4	123,6	agua	26/10/2010
KR116	21	169.591	9.690.504	-59,9715	-2,79629	98	31	67	agua	09/11/2010
KR119	21	171.203	9.690.900	-59,957	-2,79275	109	22,4	86,6	agua	01/11/2010
KR122	21	170.034	9.690.906	-59,9675	-2,79267	92	27,2	64,8	agua	06/11/2010
KR124	21	171.630	9.691.290	-59,9531	-2,78924	109	26	83	agua	12/11/2010
KR125	21	172.437	9.691.287	-59,9459	-2,78928	94	15	79	agua	19/11/2010
KR127	21	172.026	9.690.838	-59,9496	-2,79333	115	19	96	agua	29/11/2010
KR128	21	172.426	9.690.499	-59,946	-2,7964	112	18	94	agua	30/11/2010
KR129	21	172.434	9.690.899	-59,9459	-2,79279	123	28	95	agua	03/12/2010
KR187	21	172.839	9.691.282	-59,9423	-2,79934	110	22,8	87,2	agua	27/05/2011
KR188	21	172.837	9.690.878	-59,9423	-2,79299	88	6,5	81,5	agua	29/05/2011
KR189	21	173.240	9.690.883	-59,9387	-2,79295	110	22	88	agua	31/05/2011
KR191	21	174.668	9.692.183	-59,9258	-2,78124	115	25,2	89,8	agua	06/06/2011
KR196	21	174.106	9.690.765	-59,9309	-2,79404	120	28	92	agua	16/06/2011
KR197	21	170.642	9.690.231	-59,962	-2,79878	106	23,4	82,6	agua	21/06/2011
KR199	21	171.409	9.690.408	-59,9551	-2,7972	111	23	88	agua	23/06/2011
KR200	21	171.779	9.690.345	-59,9518	-2,79778	128	27	101	agua	28/06/2011
KR201	21	171.791	9.690.699	-59,9517	-2,79458	116	23	93	agua	28/06/2011
KR202	21	172.221	9.690.655	-59,9478	-2,79499	128	23,3	104,7	agua	29/06/2011
KR203	21	171.785	9.691.079	-59,9517	-2,79115	118	22,7	95,3	agua	30/06/2011
KR204	21	169.465	9.690.285	-59,9726	-2,79827	119	27	92	agua	06/07/2011
KR206	21	169.800	9.690.300	-59,9696	-2,79814	107	11	96	agua	08/06/2011
KR207	21	169.802	9.689.898	-59,9696	-2,80177	109	22	87	agua	13/07/2011
KR208	21	170.338	9.689.255	-59,9648	-2,80759	130	28	102	agua	14/07/2011
KR211	21	169.299	9.690.892	-59,9741	-2,79278	75	8,8	66,2	agua	19/07/2011
KR212	21	172.844	9.691.625	-59,9422	-2,78624	96	8,6	87,4	agua	20/07/2011
KR214	21	173.216	9.691.624	-59,9389	-2,78625	94	5,6	88,4	agua	20/07/2011
KR215	21	173.207	9.692.528	-59,9389	-2,77809	118	19	99	agua	22/07/2011
KR220	21	171.995	9.691.751	-59,9498	-2,78508	94	20,8	73,2	agua	15/08/2011
KR222	21	172.362	9.691.671	-59,9465	-2,78581	109	20,1	88,9	agua	16/08/2011
KR224	21	174.691	9.693.408	-59,9256	-2,77017	132	31,8	100,2	agua	18/08/2011

Quadro 4.1.7.2.3.3-4 - Resultado dos furos de sondagem da área do DIVINO (Área 1 do projeto) até atingir o LENÇOL FREÁTICO.

Furo	zona	UTM_E	UTM_N	Long.	Lat.	Cota	Prof. Furo m	Cota agua	Final do Furo	Data
KA002	21	172.152	9.714.754	-59,9479	-2,57725	131	20	111	agua	out/07
KA003	21	172.152	9.714.548	-59,9479	-2,57911	130	20	110	agua	out/07
KA004	21	172.515	9.714.880	-59,9446	-2,57612	132	29,75	102,25	agua	out/07
KA008	21	170.439	9.714.009	-59,9633	-2,58394	124	28	96	agua	out/07
KA009	21	172.616	9.716.503	-59,9437	-2,56146	130	17	113	agua	out/07
KA010	21	173.035	9.715.250	-59,94	-2,57279	144	34	110	agua	out/07
KR062	21	173.357	9.716.466	-59,9371	-2,56181	173	24	149	agua	10/09/2008
KR064	21	169.902	9.713.564	-59,9682	-2,58795	130	30	100	agua	15/09/2008
KR065	21	170.529	9.716.465	-59,9625	-2,56176	146	27	119	agua	17/09/2008
KR066	21	171.358	9.717.137	-59,955	-2,5557	157	24	133	agua	20/09/2008
KR067	21	173.307	9.715.604	-59,9375	-2,56959	140	25	115	agua	23/09/2008
KR068	21	171.690	9.716.016	-59,9521	-2,56584	146	27	119	agua	24/09/2008
KR069	21	173.340	9.716.042	-59,9372	-2,56564	128	20	108	agua	25/09/2008
KR070	21	169.650	9.714.831	-59,9704	-2,5765	120	12	108	agua	29/09/2008
KR071	21	170.425	9.714.443	-59,9634	-2,58002	130	22	108	agua	30/09/2008
KR072	21	170.615	9.715.198	-59,9617	-2,57321	136	25	111	agua	30/09/2008
KR073	21	170.204	9.715.586	-59,9654	-2,56969	130	25	105	agua	01/10/2008
KR074	21	170.579	9.716.013	-59,962	-2,56584	143	26	117	agua	07/10/2008
KR075	21	172.654	9.716.026	-59,9434	-2,56577	143	26	117	agua	07/10/2008
KR076	21	172.175	9.715.961	-59,9477	-2,56635	141	27	114	agua	13/10/2008
KR077	21	171.047	9.716.012	-59,9578	-2,56586	140	23	117	agua	10/10/2008
KR079	21	170.530	9.716.859	-59,9624	-2,5582	139	26	113	agua	14/10/2008
KR080	21	172.618	9.716.898	-59,9436	-2,55779	118	15	103	agua	18/10/2008
KR081	21	170.998	9.716.856	-59,9583	-2,55823	116	15	101	agua	20/10/2008
KR082	21	171.037	9.717.133	-59,9575	-2,55536	147	26	121	agua	22/10/2008
KR083	21	173.368	9.716.863	-59,937	-2,55822	140	27	113	agua	24/10/2008
KR084	21	171.023	9.716.431	-59,958	-2,56207	106	20	86	agua	25/10/2008
KR085	21	171.741	9.716.306	-59,9516	-2,56322	109	6	103	agua	28/10/2008
KR086	21	171.494	9.716.416	-59,9538	-2,56222	104	14	90	agua	28/10/2008
KR087	21	173.703	9.715.584	-59,934	-2,5698	148	33	115	agua	29/10/2008
KR088	21	172.448	9.715.150	-59,9455	-2,57336	133	28	105	agua	30/10/2008
KR089	21	172.824	9.715.239	-59,9419	-2,57288	114	21	93	agua	04/11/2008
KR090	21	172.050	9.715.178	-59,9488	-2,57342	117	19	98	agua	04/11/2008
KR091	21	172.860	9.714.887	-59,9416	-2,57606	147	29	118	agua	05/11/2008
KR092	21	172.768	9.714.561	-59,9424	-2,57901	150	20	130	agua	17/11/2008
KR093	21	170.607	9.717.188	-59,9618	-2,55523	150	23	127	agua	29/11/2008
KR094	21	172.383	9.713.641	-59,9459	-2,58731	136	27	109	agua	22/11/2008
KR095	21	173.693	9.715.250	-59,9341	-2,5728	140	34	106	agua	28/11/2008
KR096	21	173.006	9.715.509	-59,9402	-2,57045	139	26	113	agua	29/11/2008

Quadro 4.1.7.2.3.3-5 - Resultado dos furos de sondagem da área do BETO (Área 2 do projeto) até atingir o LENÇOL FREÁTICO.

Como podemos observar a profundidade do lençol freático da área do Divino e da área do Beto se assemelham e distam aproximadamente 20 km uma da outra.

4.1.7.2.3.4 Zonas de Recarga e Descarga do Aquífero nos Platôs

A água infiltrada no solo pode, teoricamente, ser dividida em três distintas partes:

(i) a primeira permanece na zona não saturada ou zona de fluxo não saturado, ou seja, na zona onde os vazios do solo encontram-se acima do nível freático parcialmente preenchidos por água e ar;

(ii) a segunda, denominada interfluxo (escoamento sub-superficial), pode continuar a fluir lateralmente na zona não saturada e a pequenas profundidades, quando existem níveis pouco permeáveis imediatamente abaixo da superfície do solo e, nessas condições, alcançar o leito dos cursos d'água; e

(iii) a terceira parte pode deslocar-se até atingir o nível freático, constituindo a recarga ou recursos renováveis dos aquífero.

Para que ocorra a recarga do aquífero, no entanto, é necessário que a capacidade de campo seja atingida. A capacidade de campo é uma propriedade relativa à retenção de água e depende principalmente da retenção específica, dos índices de evaporação e da curva característica de permeabilidade do solo. Simplificadamente, para que a capacidade de campo seja atingida o solo precisa estar suficientemente úmido e as raízes das plantas devem ter absorvido água suficiente para que as reservas do aquífero sejam recarregadas.

Quando uma área tem precipitações locais muito frequentes e os índices pluviométricos são muito elevados, é provável que a capacidade de campo permaneça invariável já que o solo se encontra permanentemente saturado, possibilitando assim a recarga do aquífero.

Na área em estudo, a recarga preferencial se dá, principalmente, na superfície dos platôs, e a descarga ocorre através de nascentes e exsudações nas bordas dos platôs e nos sedimentos arenosos. Esse modelo simplista e de amplo emprego na modelagem da circulação das águas subterrâneas nem sempre condiz, no entanto, com a realidade. A complexa dinâmica hídrica pode impor condições em que toda a região, na realidade, atue na recarga, assim como linhas de fluxo profundas induzam o transporte de água.

A serrapilheira que recobre a superfície dos platôs retém uma porcentagem significativa das águas de chuva após o solo atingir seu índice de saturação, enquanto outra porção, não menos significativa, pode se perder através da evapotranspiração.

Considerando que: (i) as precipitações locais são constantes e (ii) o escoamento superficial nos platôs é pouco significativo, pode-se supor, numa análise mais grosseira, que boa parte do restante da precipitação poderia estar disponibilizada para efetuar a constante recarga do(s) aquífero(s) nos corpos, apesar da lenta infiltração e da baixa permeabilidade da argila.

4.1.7.2.3.5 Linhas de Fluxo do Aquífero no Platô

As águas subterrâneas se movimentam naturalmente dos locais de maior para os de menor potencial hidráulico. Na maioria das vezes pode-se associar o deslocamento ao gradiente topográfico inferindo-se que o deslocamento da água no aquífero se faça dos lugares mais elevados para os mais baixos, condição está aplicável ao platô da área do projeto (Figura 4.1.7.2.3.5-1).

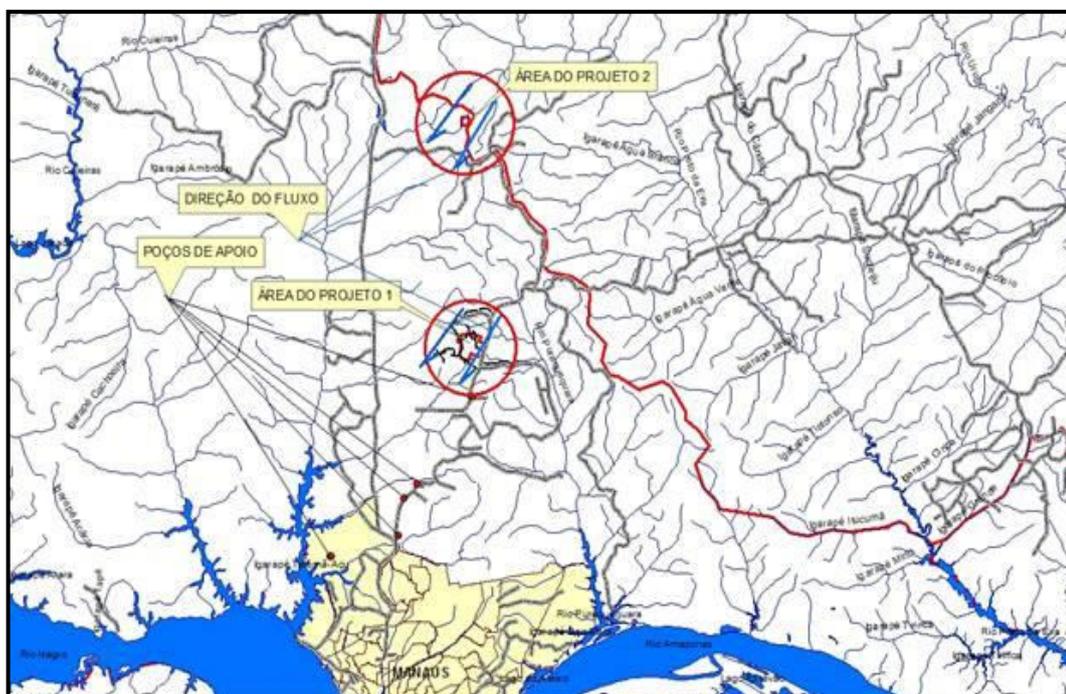


Figura 4.1.7.2.3.5-1 - Mapa Hidrogeológico da direção preferencial do fluxo das águas subterrâneas.
Fonte:

4.1.7.2.4 Levantamento de Poços Existentes da Região

Tendo em vista que as características ambientais da área estudada estão relacionadas regionalmente com o Município de Manaus, e em função de existir um trabalho final de pesquisa para água mineral aprovado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), realizado pela empresa FRUTAL-INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA onde foi feito

um levantamento geológico, topográfico e a prospecção para a locação, perfuração e desenvolvimento de um poço tubular profundo, com 8” de diâmetro, bem como foi descrito seus detalhes construtivos e operacionais visando à exploração industrial e comercial da substância Água Mineral, e de um segundo poço, com 6” de diâmetro, para servir como piezômetro referencial nos estudos de caracterização qualitativa e quantitativa do aquífero potencial, bem como no levantamento das propriedades hidrodinâmicas do referido poço, que, em conjunto, constituem o sistema de captação a ser explorado, - e uma vez que a referida área deste Projeto encontra-se localizada na zona rural desta Cidade a aproximadamente 26km da área de interesse, os dados físicos referentes a esta puderam perfeitamente ser aplicados em relação àquela. Em função dos dados secundários terem sido coletados há 27 e 47 km da área do projeto, a metodologia usada dos dados secundários pode ser transportada para as áreas em questão, uma vez que as características físicas, químicas e ambientais (geologia, litologia, solo, relevo, ar e água entre outras), são basicamente as mesmas, ficando assim como um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações.

Sendo assim os dados apresentados a seguir caracterizam-se quanto a localização, profundidade, características construtivas, data da instalação de bombas, controle de produção, controle de nível dinâmico e qualidade da água, observadas as diretrizes constantes na Resolução CONAMA nº 396/2008.

4.1.7.2.5 Subsídios para Avaliação Hidrogeológica

O objetivo central do estudo abaixo, é apresentar os resultados dos trabalhos que se desenvolveram durante o levantamento geológico, topográfico e a prospecção para a locação, perfuração e desenvolvimento de um poço tubular profundo, com 8" de diâmetro, bem como descrever seus detalhes construtivos e operacionais visando à exploração industrial e comercial da substância Água Mineral, e de um segundo poço, com 6" de diâmetro, para servir como piezômetro referencial nos estudos de caracterização qualitativa e quantitativa do aquífero potencial, bem como no levantamento das propriedades hidrodinâmicas do poço, que, em conjunto, constituem o sistema de captação a ser explorado.

Aspectos Legais

A pesquisa de água mineral e potável de mesa para consumo humano, bem como daquela destinada a fins balneários, dá-se pelos regimes de Autorização de Pesquisa e de Concessão de Lavra, conforme previsto no Código de Mineração, no Código de Águas Minerais e respectivos regulamentos e legislação correlata e complementar.

Publicado o Alvará de Pesquisa, o Titular dá início aos trabalhos de pesquisa, compreendendo os estudos técnicos (geológico, hidrogeológico, hidroquímico, etc.) com vistas à elaboração do Relatório Final de Pesquisa, que deve seguir o roteiro do Manual do DNPM/1994 – Relatório Final de Pesquisa para Água Mineral e Potável de Mesa, e atender ao disposto nas portarias nº 374/09 e 254/2010 – DNPM e demais dispositivos legais correlatos.

Metodologia

A metodologia utilizada seguiu, em linhas gerais, aquelas emanadas do DNPM e demais órgãos reguladores.

Os trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos seguindo as etapas de atividades na seguinte ordem: consulta bibliográfica, foto interpretação, preparação da infraestrutura e apoio logístico, topografia, mapeamento geológico, perfuração, completação e desenvolvimento dos poços, teste de poço e de aquífero, ou bombeamento, análises de água, culminando com a interpretação de dados e preparação do relatório final.

A fotointerpretação preliminar foi realizada na segunda quinzena de dezembro/2013, utilizando-se fotografias convencionais, imagens de radar e satélites, na escala de 1:45.000 e 1:100.000, respectivamente. Esta atividade inicial visou orientar os trabalhos de campo, no sentido de confirmar as delimitações das estruturas geológicas, bem como escolher os alvos de locação dos poços na propriedade do Titular.

Localização e Acesso

A área está localizada na zona suburbana do município de Manaus, em terreno pertencente ao Titular do Alvará de Pesquisa – FRUTAL-INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. - referente ao DNPM 880.283/2012, num total de 10,08 ha, na Alameda Dewass, s/n, Estrada da Floresta (antiga estrada da Vivenda Verde), e está dentro da “Unidade de Estruturação Urbana”, segundo o Plano Diretor e Ambiental da Cidade de Manaus.

O acesso é feito por via rodoviária, tanto pela Avenida Torquato Tapajós, como pela Avenida do Turismo.

Como a área de estudo está localizada na margem da estrada de acesso, relativamente próxima ao comércio e demais facilidades oferecidas pelo bairro do Tarumã, os trabalhos de logística foram muito simples e facilitados.

A preparação da infraestrutura foi executada a partir de janeiro de 2012, consistindo basicamente no transporte de materiais e equipamentos, bem como na definição do local para a construção de um abrigo para o equipamento e materiais a serem utilizados nos trabalhos e que servisse, também, como posto de vigilância. Nesta fase também foi estabelecida malha onde foram realizados a topografia e o mapeamento geológico.

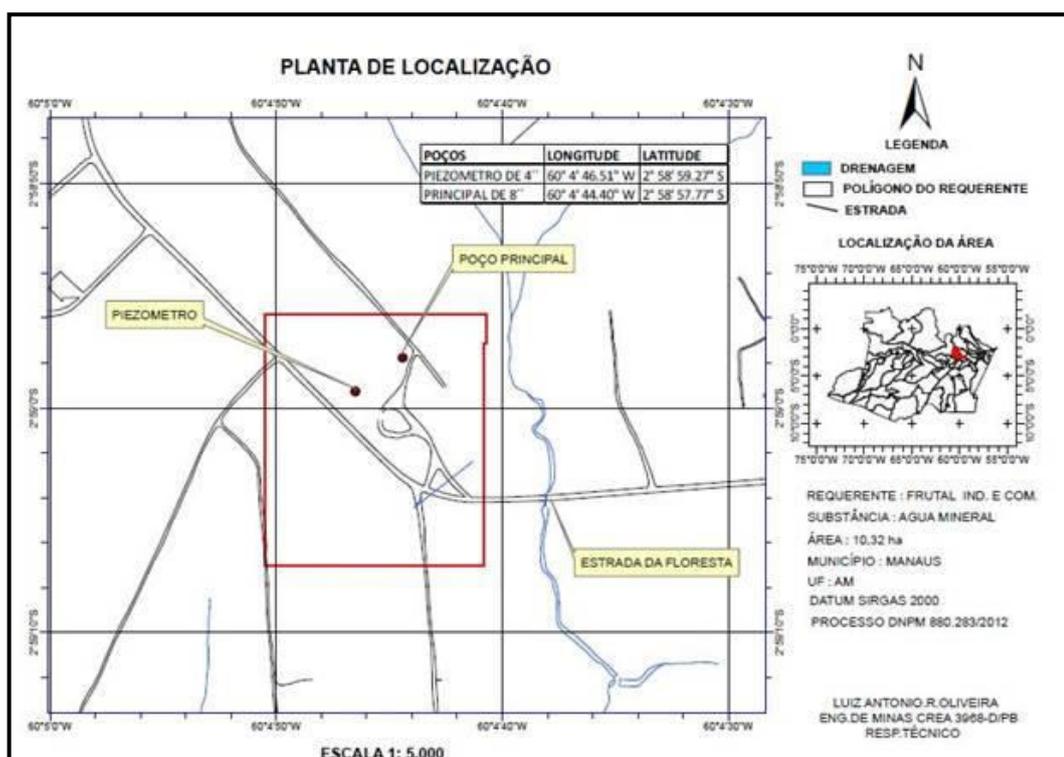


Figura 4.1.7.2.5-1 – Planta de localização com as coordenadas geográficas dos poços 01 e 02.

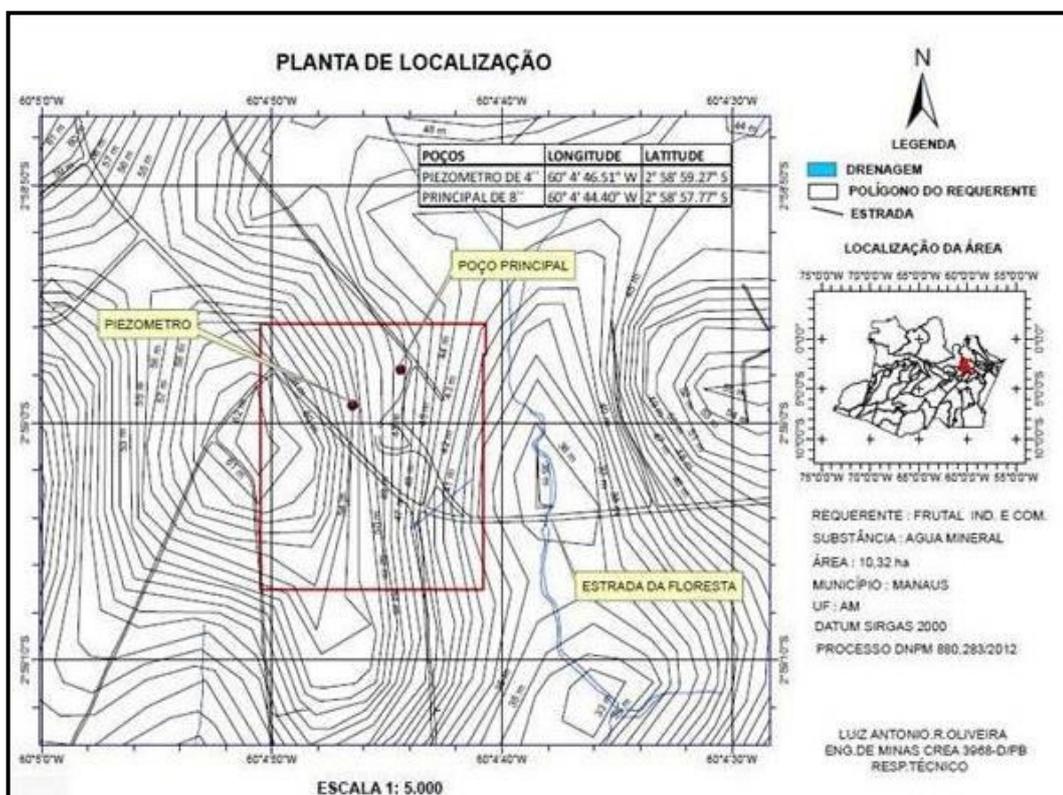


Figura 4.1.7.2.5-2 – Planta de localização com detalhamento da topografia por curvas de nível.

Características Ambientais

Tendo em vista que as características ambientais da área estudada estão relacionadas ao âmbito do Município de Manaus - objeto de uma densidade maior de estudos de caracterização ambiental e geotécnica - e que a referida área de estudos acha-se localizada na região suburbana desta Cidade, os dados físicos referentes a esta puderam perfeitamente ser aplicados em relação àquela.

Aspectos Climáticos

O clima da região na área de estudo, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo AM, Equatorial Quente e Úmido, com estação seca, classificado como AW (A = climas tropicais chuvosos, W = de verão). O período chuvoso mais intenso concentra-se nos meses de dezembro a maio e o mais seco, de julho a novembro. A diferença entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso fica em torno dos 240 mm. Durante o ano as temperaturas médias variam 13 °C.

O Gráfico 4.1.7.2.5-1 mostra o registro das variações pluviométricas e a variação da temperatura média mensal, em série histórica:

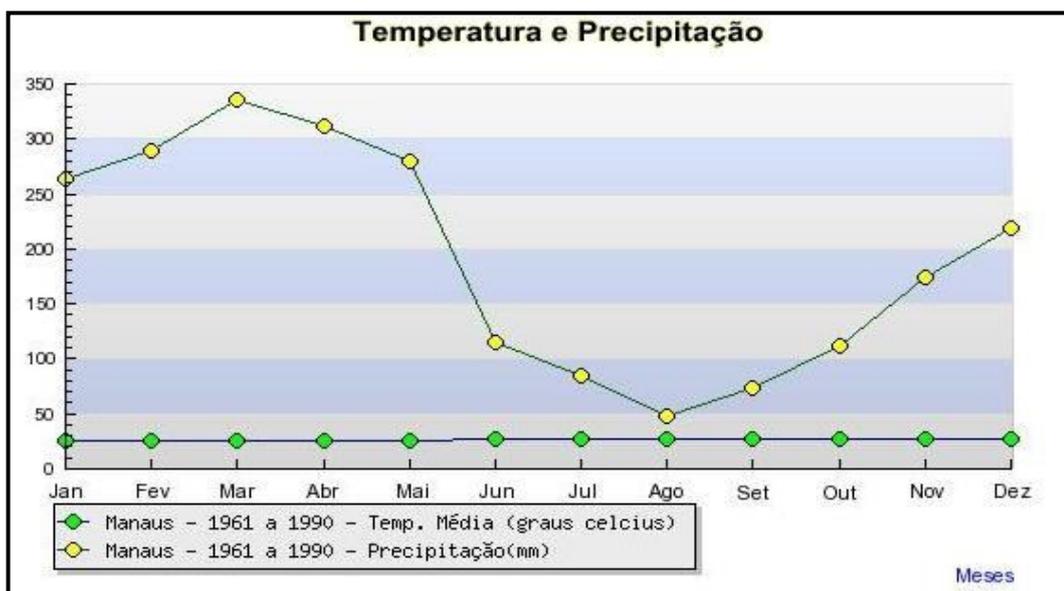


Gráfico 4.1.7.2.5-1 – Média das temperaturas mês a mês (25°C) e das precipitações (mm) em Manaus.
 Fonte: INMET, 2015.

Na área estudada a evapotranspiração é intensa, devido à cobertura vegetal e à extensão superficial das bacias hidrográficas, que permitem a formação de nuvens rapidamente. A maior taxa de evaporação normalmente acontece no quadrimestre julho-outubro, que corresponde ao período de menor umidade. O período de maior insolação ocorre de junho a outubro.

Aspectos da Vegetação

Magnago et al., 1978, no mapeamento fitoecológico da Folha SA.20-Manaus, registrou para a área de abrangência deste estudo o predomínio de Floresta Densa Tropical tanto nas áreas de baixos platôs (Floresta das Terras Baixas), como em áreas de planícies e terraços aluvionares (Floresta Aluvial). Assinalaram ainda áreas marcadas pela interpenetração de formações pioneiras e florestais (subordinadas).

Na atualidade, as áreas antrópicas urbanas configuram um quadro modificador de predomínio no cenário da vegetação primária pretérita. De uma maneira geral e no entorno de Manaus, as Formações Pioneiras estão restritas àquelas áreas onde há influência de inundações, quer periódicas, quer permanentes. Registram estágios de evolução nas diversas fases: submersa, flutuante, alagada, de charco, arbustiva e arbórea (clímax).

Na área estrita desta pesquisa, como consequência da ação antrópica, a floresta primitiva foi sendo alterada na sua cobertura original, sendo quase totalmente removida no processo de urbanização, como via-de-regra vem acontecendo na maioria das grandes cidades brasileiras.

Aspectos Pedológicos

Na Amazônia, devido aos vários ambientes geológicos, composição litológica e variação climática, há uma grande diversidade de tipos de solos. Os principais na região de Manaus são os representados por: latossolo amarelo, latossolo vermelho amarelo, podzólico vermelho amarelo, areias quartzosas distróficas, solos concrecionários lateríticos e solos aluviais e hidromórficos.

Os solos aluviais e hidromórficos, como o *glei* pouco húmico, ocorrem na planície de inundação dos rios e são originários dos sedimentos do Quaternário. Os demais solos dessa região são originados da formação Alter do Chão, do Cretáceo. Na área destas pesquisas ocorrem, latossolo amarelo distrófico, podzólico vermelho amarelo e solos concrecionários lateríticos.

Na área estudada, estritamente, os solos são arenosos, com predomínio de Latossolo Amarelo Álico, que compreende os solos com horizonte B Latossolo.

Aspectos Hidrológicos

A área urbana e suburbana de Manaus abrange quatro bacias hidrográficas, todas elas exibindo padrão dendrítico característico, e todas são contribuintes da grande bacia do rio Negro. Duas encontram-se integralmente dentro da cidade – a do igarapé de São Raimundo e do igarapé do Educandos – e duas parcialmente inseridas na malha urbana – a do igarapé do Tarumã-Açu e a do rio Puraquequara.

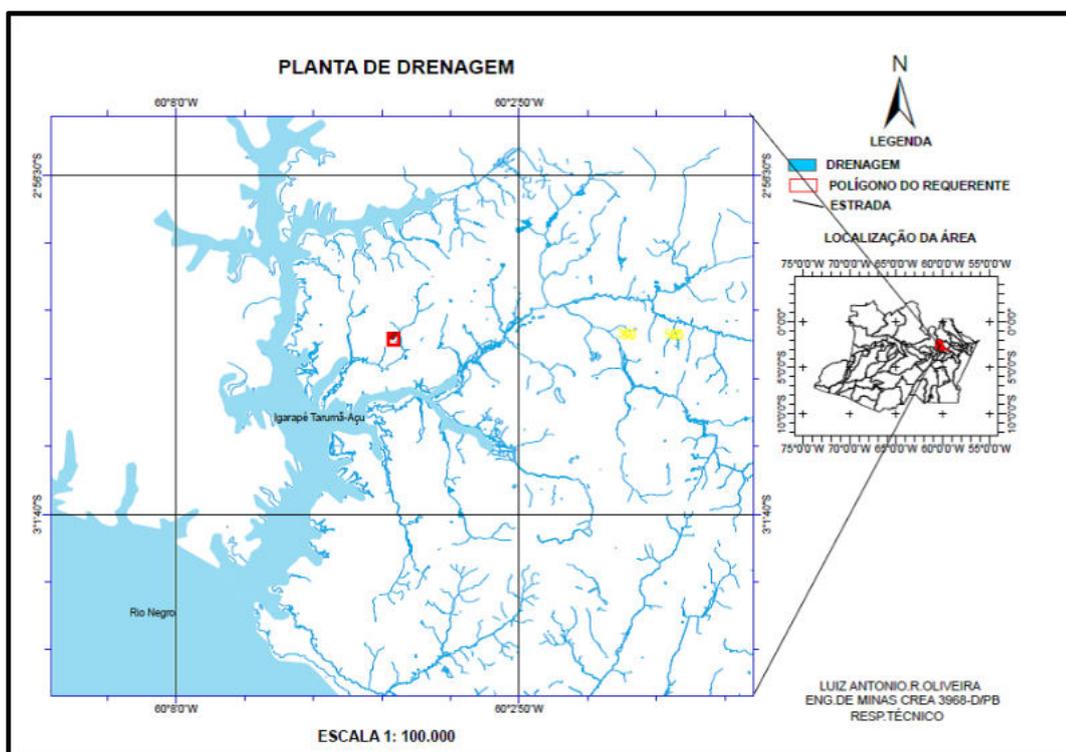


Figura 4.1.7.2.5-3 - Localização da cidade de Manaus e da área de pesquisa em relação às bacias hidrográficas do Tarumã-Açu e do Puraquequara.

Fonte: OLIVEIRA, 2015.

As bacias do Igarapé do Tarumã-Açu, e do Igarapé do Puraquequara constituem as drenagens relevantes mais próximas da área estudada.

A área de drenagem da bacia do Tarumã-Açu é de 1353,271 km². Ela tem seu trecho inferior corresponde ao limite ocidental da área urbana e apresenta diversos afluentes pela sua margem esquerda. Nasce na Reserva Ducke, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, e percorre as Zonas Norte e Oeste de Manaus.

A área de drenagem da bacia do Puraquequara é de 694,834 km² (COSTA et al., 2015). É afluente da margem esquerda do rio Amazonas e seu trecho inferior corresponde ao limite oriental da área urbana, ainda mantém muitas de suas características naturais, mas já começa a sentir os efeitos da expansão da cidade sobre suas fronteiras orientais. A Tabela 4.1.7.2.5-1 sumariza os principais elementos morfométricos destas duas bacias, indicando que quase não existem ou não se tem sinuosidades elevadas nessas bacias:

Tabela 4.1.7.2.5-1 - Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas do Tarumã-Açu e Puraquequara no município de Manaus

PARÂMETROS	VALORES E UNIDADES	
	Bacia do Tarumã-Açu	Bacia do Puraquequara
Área	1.353,271 km ²	694,834 km ²
Perímetro	229,122 km	151,731 km
Comprimento do canal principal	42,105 km	19,451 km
Comprimento. Total dos canais	1065,387 km	544,985 km
Ordem do córrego	5 ^a	4 ^a
Densidade de drenagem	0,79 km/km ²	0,78 km/km ²
Densidade hidrográfica	0,62 canais/km ²	0,64 canais/km ²
Índice de Sinuosidade	1,11	1,18
Declividade média	1,84	2,02
Altitude máxima	154 m	147 m
Altitude mínima	2 m	7 m
Amplitude altimétrica	152 m	140 m

Fonte: COSTA et al., 2015.

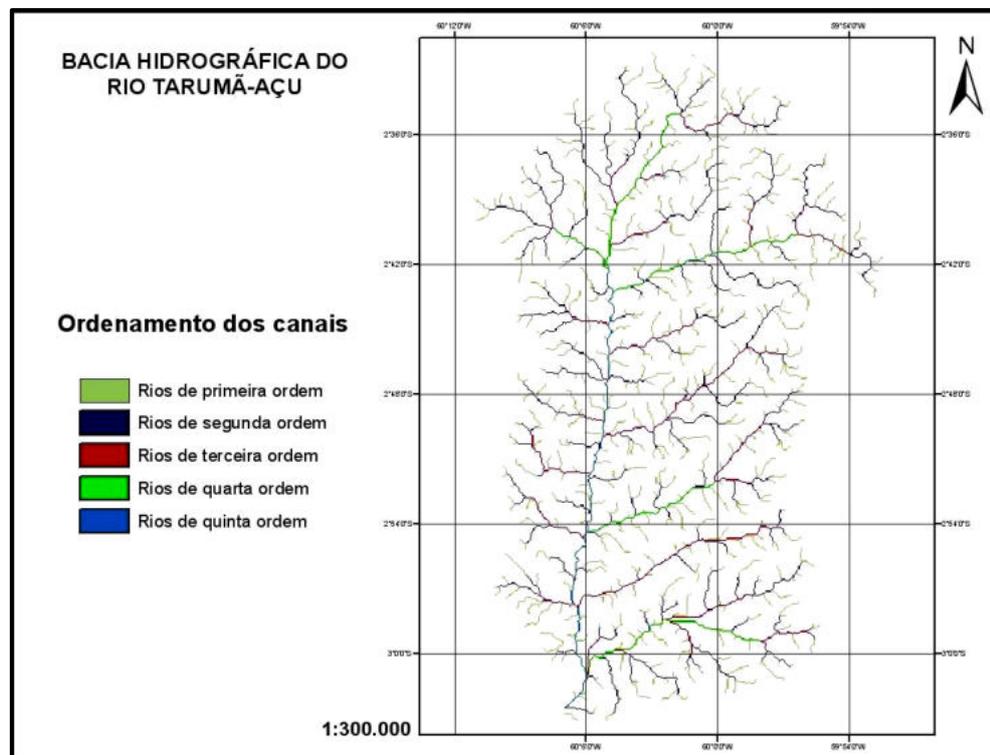


Figura 4.1.7.2.5-4 - Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu.

Fonte: CPRM, 2015.

O rio Negro, que banha a orla sul da cidade, tem suas nascentes localizadas na depressão do Orenoco, percorrendo cerca de 1.550 km até encontrar o Solimões, formando o rio Amazonas, na baía do “encontro das águas”.

Aspectos Geomorfológicos

O relevo da região na área de estudo está representado basicamente por duas principais unidades geomorfológicas: platôs dissecados separados por planícies fluviais.

Os platôs dissecados representam superfícies tabulares e colinosas, delimitadas por ruptura de declive em diferentes níveis topográficos, com cotas variando, em geral, de 50 a 100 metros. Constituem as áreas de terra firme, predominantes na região, normalmente representadas por rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, em geral intemperizadas e lateritizadas. Caracterizam formas de relevo geradas por processos erosivos.

As planícies fluviais constituem terrenos aplanados, aptos ao acúmulo da sedimentação fluvial, configurando áreas sazonalmente inundáveis que formam as planícies aluvionares ou várzeas. São característicos os diques marginais, canais anastomosados, lagos, paranás, igarapés, igapós e ilhas.

Aspectos Hidrogeológicos

O balanço hídrico do aquífero Alter do Chão na área de Manaus foi estudado pela Shaft Consultoria, em 2005. A principal entrada de água no sistema, com um volume estimado de 663.740 m³/dia, corresponde às infiltrações pluviométricas consideradas como *Reservas Transitórias* e representam cerca de 87% do total das entradas. O restante, em parcelas aproximadamente iguais, é proveniente de: 1) rios (2,4%); 2) armazenamento (3,5%) e 3) dos limites de carga constante (3,5%). Com relação às saídas de água, os principais exutórios são os rios (78%), seguidos pelos poços exploratórios, com 19%. As descargas para os rios e igarapés durante todo o ano são da mesma ordem de grandeza da recarga pelas infiltrações pluviométricas. A Tabela 4.1.7.2.5-2 contém Balanço Hídrico do Aquífero Alter do Chão estudado.

Tabela 4.1.7.2.5-2 - Balanço Hídrico do Aquífero Alter do Chão

ORIGEM	ENTRADAS (m ³ /dia)	SAÍDAS (m ³ /dia)
Armazenamento	25.651	0
Poços exploratórios	0	139.790
Limites de carga constante	25.681	19.932
Recarga (infiltrações pluviom.)	663.740	0
Rios	17.880	573.230
Recarga por filtração vertical	0	0
TOTAIS	732.952	732.952

Fonte: SHAFT CONSULTORIA LTDA, 2005, in Aguiar, C.J.B., 2012.

O aquífero a ser explorado faz parte do Sistema Aquífero *Alter do Chão*, geralmente do *tipo livre* e que faz parte da Bacia Sedimentar do rio Amazonas. Este Sistema ocorre na região centro-norte do Pará e leste do Amazonas, ocupando área de 312.574 km². Vem sendo explorado principalmente nas cidades de Manaus, Belém, Santarém e na Ilha de Marajó.

A Formação *Alter do Chão* apresenta do topo à base espessura de seus sedimentos em torno de 200m na região de Manaus, dos quais 175m estão saturados e constituem o Aquífero homônimo. Se considerarmos uma porosidade efetiva de 15% em uma área de 400 km², tem-se uma reserva de água de 10 km³ (AGUIAR et al., 2002). Seu limite inferior corresponde ao contato entre as rochas clásticas da Formação *Alter do Chão* e provavelmente os evaporitos e calcários da Formação *Nova Olinda*.

Este contato foi verificado em oito poços tubulares e, até onde se pode observar, dá-se através de superfície discordante horizontal. O nível freático médio das águas do aquífero é de 25 m. Valores maiores que estes podem ser verificados nas porções SE e NE, correspondendo a quase toda a parte oriental de Manaus e, valores menores que 25m estão restritos à porção oeste, pelo condicionamento topográfico, chegando a aflorar em alguns locais, como na parte NW da capital.

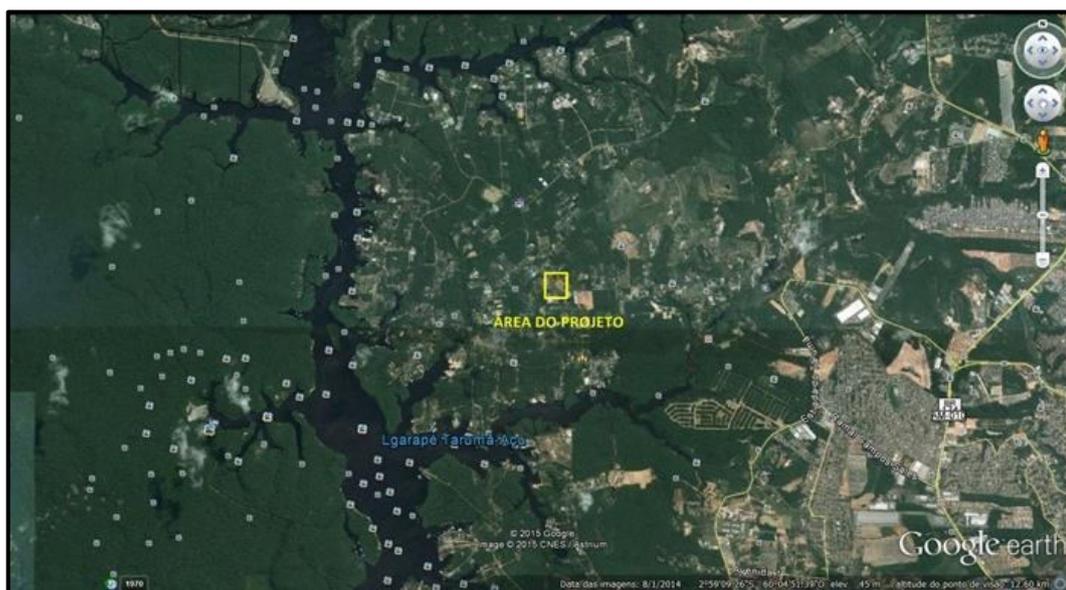


Figura 4.1.7.2.5-5 - Situação atual da ocupação antrópica da área de situação do poço do projeto com ocupação do solo exclusivamente para fins residenciais.

As águas subterrâneas em Manaus apresentam um fluxo principal na direção NE-SW. Já os fluxos secundários mostram direções diversas, sendo originados principalmente pelo

rebaixamento provocado pelos igarapés Quarenta, Mindu e Bolívia, associados à baixa *transmissividade* e a *exploração* elevada nas imediações dessas drenagens. Estas águas mostram-se pouco mineralizadas, com pH na faixa de 4,8 e uma condutividade elétrica em torno de 32,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SILVA, 2001). Esses dados refletem uma infiltração bastante rápida e um ambiente de circulação quimicamente pobre. As águas são dos tipos “sulfatada cloretada potássica” e “cloretada sódica”, de sorte que são consideradas potáveis, embora potencialmente pouco protegidas pela circunstância de residirem em aquífero livre.

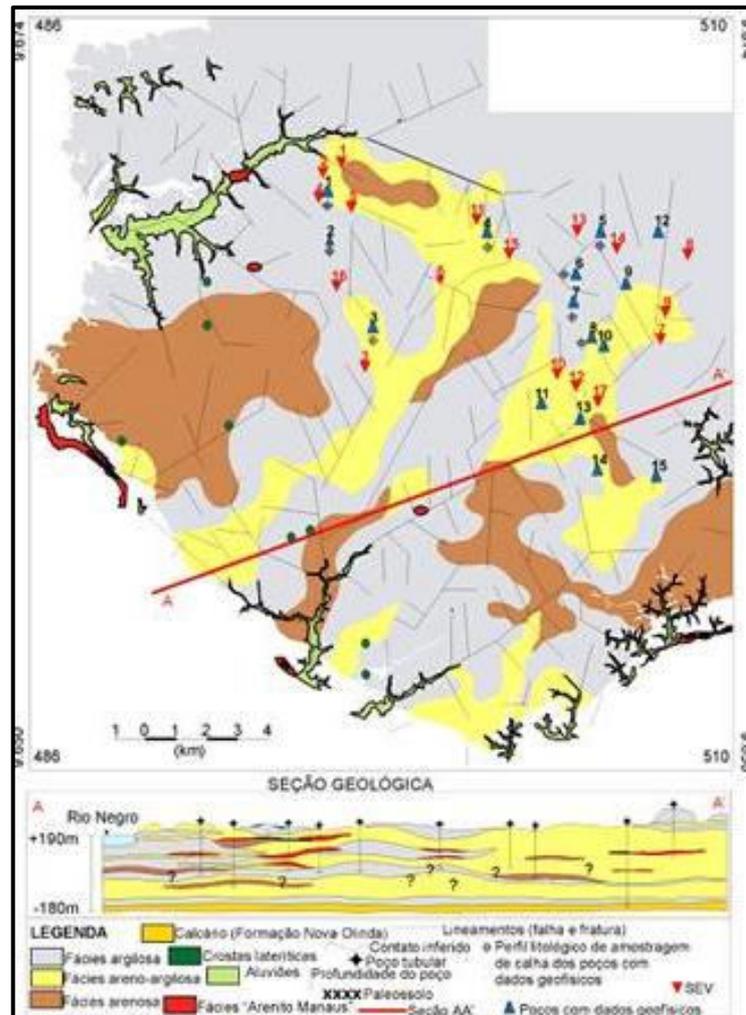


Figura 4.1.7.2.5-6 - Planta e seção geológicas da porção SW-NE da cidade de Manaus.
 Fonte: REVISTA DE GEOLOGIA, 2006.

Aspectos Hidroquímicos

As propriedades físicas, químicas e microbiológicas da água são traduzidas em termos de parâmetros que permitem classificá-la quanto à sua qualidade e apontar a presença e a

concentração de substâncias tóxicas, sendo possível sua comparação com padrões e valores orientadores estabelecidos conforme o uso.

pH

As águas naturais da região do Município de Manaus são normalmente ácidas, estando a grande maioria dos valores de pH situada acima de 3 e abaixo de 5. No entanto, nesta região, são valores normais para rios de água preta, e os valores de pH próximo da neutralidade, ou seja, próximos de 7, indicam que estas águas estão sofrendo algum tipo de contaminação.

Os igarapés do Mindu e Quarenta, que atravessam uma área densamente povoada da cidade de Manaus, apresentam em suas nascentes, valores próximos das condições naturais, pois nestes locais o impacto das influências antrópicas ainda não é muito acentuado pelo fato de a densidade populacional ser, por enquanto, relativamente pequena. Nos pontos onde a densidade populacional é maior, o pH se eleva acima dos valores naturais.

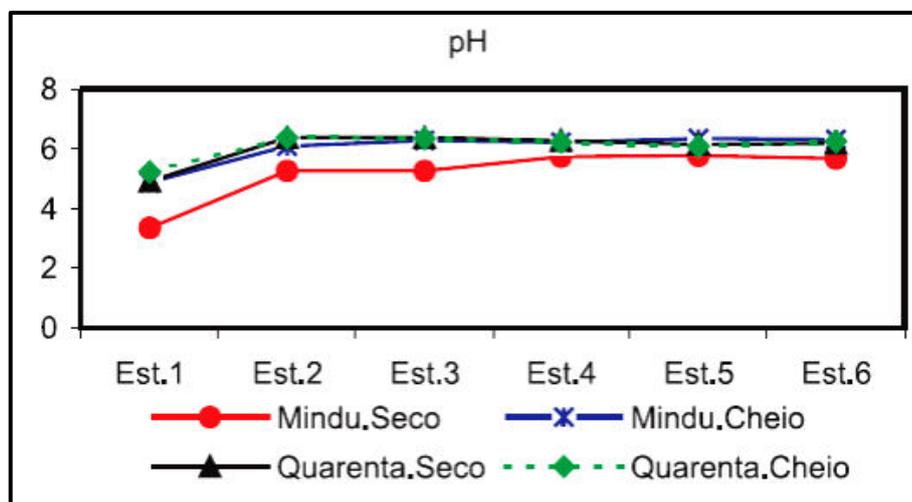


Gráfico 4.1.7.2.5-2 - Variação do pH nas estações de coleta dos igarapés do Mindu e Quarenta nos períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) de 1997 e 1998

Fonte: INPA, 2001.

Turbidez e Sólidos em Suspensão

A turbidez na água é causada pelo material em suspensão nela existente, o qual pode ser de natureza orgânica ou inorgânica. Aqui, mais uma vez, se repete, com raras exceções, o que aconteceu com o pH, ou seja, na nascente, onde as águas são visivelmente mais límpidas, ou mais próximas do natural, os valores nos igarapés do Mindu e Quarenta foram mais baixos, e no rio Puraquequara, também com algumas exceções, os valores foram sempre baixos.

O gráfico abaixo analisa a variação dos teores de sólidos totais em suspensão nas drenagens situadas na área de influência do projeto:

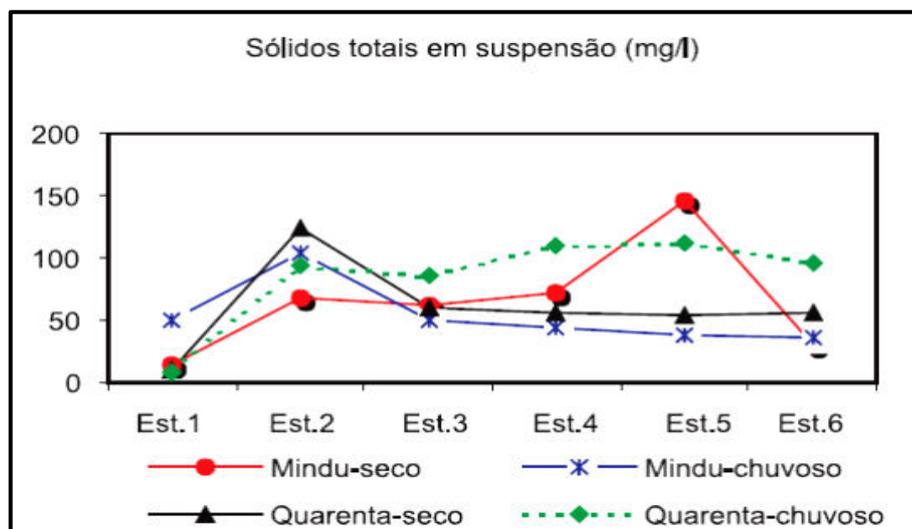


Gráfico 4.1.7.2.5-3 - Variação dos teores de sólidos totais em suspensão nos igarapés Mindu e Quarenta nos períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) de 1997 e 1998.

Fonte: INPA, 2001.

Oxigênio Dissolvido

Esta variável é um forte indicador da condição do ambiente, com respeito à poluição por matéria orgânica biodegradável, uma vez que grandes quantidades desta matéria fazem com que o consumo de oxigênio pelos microrganismos, no processo de degradação, seja maior que a reposição deste elemento pela atmosfera ou por fotossíntese.

Os esgotos domésticos contêm muita matéria orgânica biodegradável e são, basicamente, os principais responsáveis pela depleção do teor de oxigênio nos trechos onde os igarapés do Mindu e Quarenta recebem estes efluentes. Por isso os maiores valores de oxigênio dissolvido são encontrados nas nascentes desses ambientes.

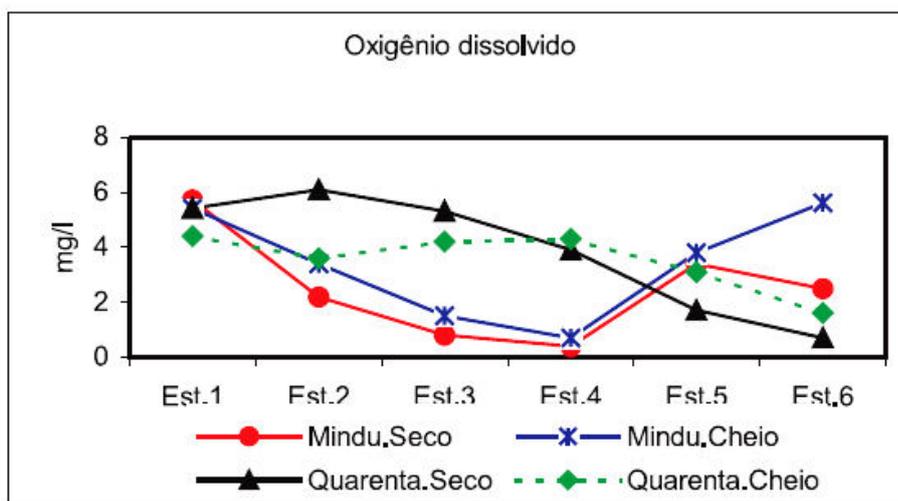


Gráfico 4.1.7.2.5-4 - Variação do oxigênio dissolvido nos igarapés Mindu e Quarenta nos períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) de 1997 e1998.

Fonte: INPA, 2001.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Esta é uma medida da matéria química oxidável, no caso, por permanganato de potássio, cujas informações podem estar, até certo ponto, relacionadas com o conteúdo de matéria orgânica, quando essa é totalmente oxidável, ou até mesmo, com a demanda bioquímica de oxigênio.

Compostos Nitrogenados (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺)

O Nitrogênio na forma amoniacal é bastante eficiente para indicar poluição, pois resulta da degradação de matéria orgânica e também da excreção direta dos animais e do homem. Nos ambientes anaeróbios é comum ser esta a forma de nitrogênio inorgânico mais abundante, pois estes ambientes favorecem a forma que está no estado de oxidação mais reduzido. Nos igarapés naturais, os teores de amônia são sempre baixos, estando muitas vezes abaixo do limite de detecção do método empregado (0,1mg/L).

Os nitritos são uma condição intermediária tanto na oxidação da amônia a nitrato, como no processo inverso, a denitrificação, mas são frequentemente encontrados em ambientes quimicamente reduzidos e, em geral, ausentes em ambientes naturais aerados. Os valores mais baixos foram encontrados no rio Puraquequara que apresenta características naturais em todo seu curso.

O rio Puraquequara apresentou valores de Nitrato dentro das condições naturais, assim como as nascentes dos outros dois igarapés na maioria dos casos. Ficou caracterizada, através dos dados obtidos, uma nítida sazonalidade com respeito a este parâmetro nos dois igarapés, com os maiores valores ocorrendo sempre durante o período chuvoso (Gráfico 4.1.1.2.7.1-1).

Aspectos da Geologia Regional

A Bacia do Amazonas, cuja instalação se processou ao longo do Paleozóico, recobre uma área de aproximadamente 500.000 km², situando-se quase que medianamente entre os escudos Guianas e Brasil – Central, que integram o Cráton Amazônico (Almeida 1967). Encontra-se limitada, a leste, pelo Arco Gurupá e, a oeste, pelo Arco Purus (Figura 4.1.7.2.5-7). O Arco de Purus, com orientação aproximada NW-SE. Separa as bacias do Amazonas e do Solimões e o Arco Gurupá, com similar direção, assinala o limite entre as bacias Amazonas e Marajó. Seu pacote sedimentar, do Ordoviciano ao Recente atinge espessuras da ordem de 5 km.

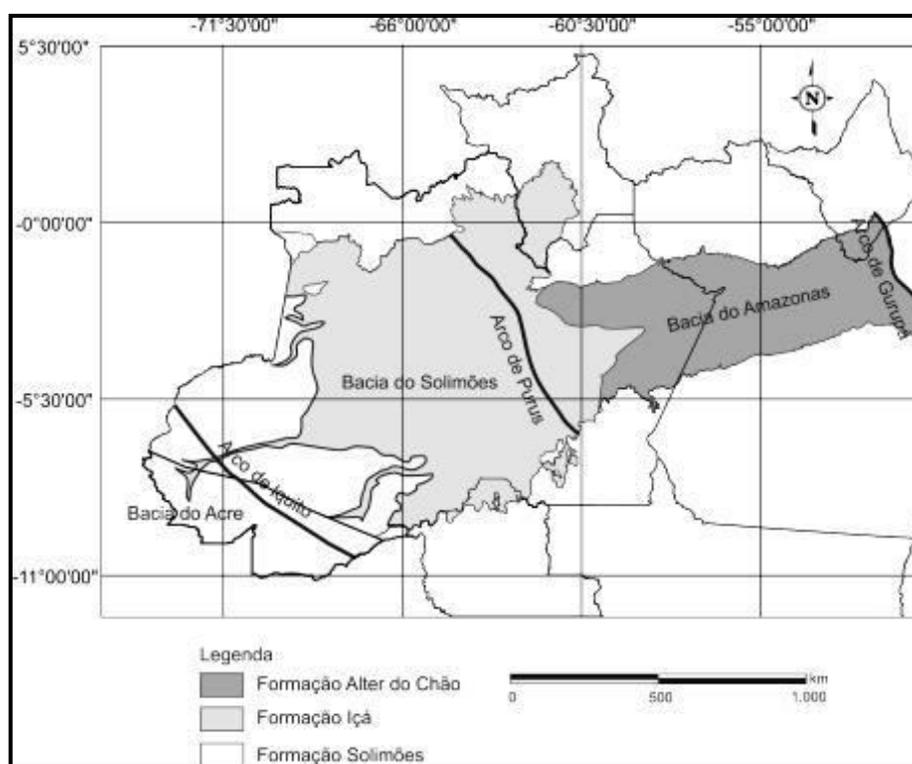


Figura 4.1.7.2.5-7 - Áreas de afloramento das formações Içá, Solimões e Alter do Chão, nas bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas.

Fonte: PETROBRAS, 2008.

Os principais produtos litoestruturais da Bacia do Amazonas originaram-se a partir da atuação de vários eventos ou fases cinemáticas ao longo do Fanerozóico (do Paleozóico ao Cenozóico).

O embasamento cristalino subjacente e aflorante nas margens da bacia sedimentar com o Escudo das Guianas, situado ao norte e o Escudo Brasileiro, ao sul, é caracterizado por rochas ígneas e rochas metamórficas de diversos graus de metamorfismo, apresentando variada litologia, tais como: granitos, granodioritos, rióцитos, dacitos, andesitos, gnaisses, quartzitos, xistos.

As unidades basais paleozóicas assentam-se em discordância sobre o embasamento cristalino, ou recobrem em parte as rochas do Grupo Purus, constituído pela Formação Prosperança, com arenitos e siltitos, e recobrimo está a Formação Acari, com calcários, dolomitos, siltitos e argilitos (CAPUTO et al., 1972). Estas formações são limitadas por discordâncias e suas rochas são consideradas de idade pré-cambriana.

No Cenozóico, o processo de lateritização nas rochas sedimentares Alter do Chão teve início provavelmente no final do Paleogeno (Oligoceno), com franco desenvolvimento ao longo do Mioceno - Plioceno. A neotectônica tem seus efeitos registrados em sucessões sedimentares da Bacia do Amazonas a partir do Neógeno como reflexo da evolução da cadeia Andina. As feições estruturais desenvolvidas estão refletidas no controle das drenagens, capturas fluviais, formas de lagos e de sistemas de relevo (SAADI et al., 2005).

Aspectos da Geologia Local

Durante o trabalho de fotointerpretação preliminar da área pesquisada, além do emprego de critérios exclusivamente fotogeológicos, foram integradas também as informações já existentes e oriundas de trabalhos anteriormente executados na região. A etapa prévia de compilação bibliográfica permitiu selecionar as obras que fazem referências específica a geologia da área em apreço. Elas estão relacionadas no item Bibliografia, no final deste relatório.

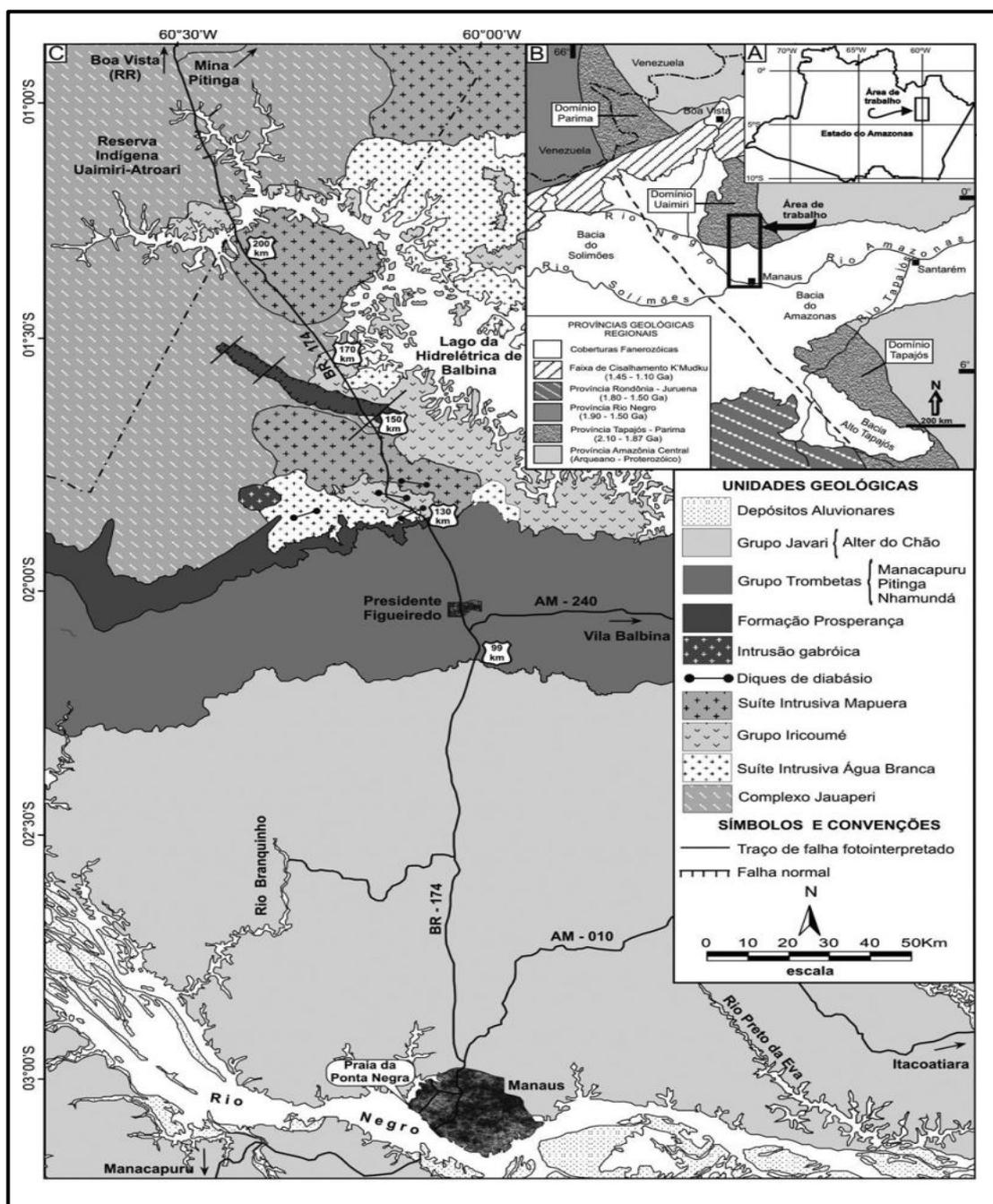


Gráfico 4.1.7.2.5-5 - Localização geográfica da Seção geológica Manaus.

Fonte: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS, 2009.

A) Presidente Figueiredo (AM), borda norte da Bacia do Amazonas; B) contexto geológico regional (modificado de Santos, 2003); C) mapa geológico da área de perfilada, ressaltando o trajeto ao longo da BR-174, (modificado de CPRM, 2002).

Toda a região estudada está sobre a Formação Alter do Chão, constituída por rochas siliciclásticas avermelhadas que incluem argilitos, folhelhos, siltitos, arenitos e conglomerados.

As Unidades de Depósitos Aluvionares são caracterizadas por depósitos recentes, de idade Quaternário/Terciário, constituídas por associações de sedimentos de canal fluvial (areias e siltes) e de planície de inundação. Com base nos trabalhos de campo foi possível individualizar as unidades litoestratigráficas configuradas no mapa geológico e na coluna correspondente.

Na região estudada a geologia apresenta um espesso pacote de rochas da Formação Alter do Chão e depósitos aluviais quaternários.

As argilas são de cor amarela na parte superior do terreno e vermelhas em subsuperfície. Os lateritos são de cor marrom.

As areias e os arenitos são de cor creme-avermelhada, esbranquiçada, com granulometria e seleção variadas, apresentando-se de inconsolidados a pouco consolidados.

Aspectos Topográficos

O estudo topográfico, que consistiu basicamente no levantamento planialtimétrico, esteve a cargo da empresa *Amazon – Topografia e Logística de Selva Ltda*, e serviu de base para auxiliar nos trabalhos de mapeamento geológico e de determinação de alguns parâmetros hidrogeológicos, como localização de divisores de água e fluxo de corrente.

Prospecção Hidrogeológica

A água de subsuperfície circula e se acumula nos espaços intersticiais das rochas porosas ou nas fraturas das rochas cristalinas, formando assim os aquíferos de água subterrânea passíveis de serem exploradas por poços tubulares. No contexto da área estudada predominam quase que exclusivamente os aquíferos do tipo poroso, sedimentar.

Os aquíferos porosos englobam rochas sedimentares da Formação Alter do Chão. São aquíferos multicamadas, onde os aquitardos definem o grau de confinamento, conferindo assim, características hidrogeológicas distintas, que proporcionam vazões médias da ordem de 60 m³/h.

O reduzido número de poços tubulares localizados na área estudada não facilitou uma melhor compreensão sobre o comportamento hidrogeológico destas unidades. Entretanto, o trabalho de pesquisa realizado por Oliveira 2015, com mapeamento geológico e as sondagens

através de poços, possibilitou a identificação do sistema hidrogeológico da área até a profundidade de 120 metros.

A natureza e a distribuição da água subterrânea são controladas pela Geologia. A água no subsolo circula e se acumula nos espaços intersticiais das rochas, constituindo-se desta maneira nos mananciais ou reservatórios de água subterrânea passíveis de exploração através de poços ou outras obras de captação.

Na região do Tarumã os aquíferos são constituídos por areia e arenitos de granulação fina a grossa, da Formação Alter do Chão, do Cretáceo. Na parte superior há uma predominância de areias finas argilosas.

Os trabalhos hidrogeológicos de superfície e as amostras obtidas a partir das perfurações efetuadas, associadas aos perfis geofísicos revelaram as características hidrológicas de subsuperfície e as condições hidrogeológicas da área estudada.

Assim, a zona não saturada apresenta camadas de argila, de laterita e de areia argilosa, situadas na parte superior.

A zona saturada subjacente possui estratos de areia argilosa, de argilas e de arenito silicificado. Os estratos argilosos, na zona saturada, constituem as camadas confinantes da parte superior do sistema hidrogeológico.

Subjacentes a essas camadas de argilas ocorrem camadas de areias finas a médias argilosas, constituindo-se em aquíferos, sendo utilizados como aquíferos devido a não disponibilidade destes últimos com boa Transmissividade.

Este aquífero multicamada, captado pelo poço da fonte, é do tipo confinado, em que a pressão no topo do aquífero é maior que a pressão atmosférica.

Esses sedimentos apresentam-se inconsolidados e são de origem continental. As areias são essencialmente de composição quartzosa.

As figuras a seguir representam os perfis litoconstrutivos do poço de captação.

Sistema Hidrogeológico

O armazenamento e a circulação da água subterrânea são determinados por propriedades físicas como *Permeabilidade*, *Porosidade*, seleção e arranjo dos grãos, mineralogia e cimentação. Na região estudada a hidrolitologia apresenta *aquicludes*, *aquíferos* e *aquitardos* pertencentes a Formação Alter do Chão.

Até a profundidade de 155 m, a Geologia de superfície e de subsuperfície revelou que o sistema hidrogeológico apresenta-se formado por alternâncias de rochas clásticas inconsolidadas, arenosas, siltsosas e argilosas.

A zona não saturada no local das captações é constituída por alternância de camadas de argila amarela, rósea, vermelha, laterita com argila amarela e areia argilosa vermelha, na parte superior do terreno, com espessura de 37 m de profundidade.

Logo abaixo está situada à zona saturada do terreno, composta de aquitardos e aquicludes, ondem alternam-se estratos de areia media a grossa esbranquiçada, areno-argiloso avermelhado, areia grossa esbranquiçada, argila amarelada e argila amarelada.

Os parâmetros da *Porosidade* e da *Granulometria* foram determinados em laboratório, a partir de amostra representativa obtida quando da perfuração e da perfilagem, composta da parte arenosa do aquitardo captado. Para a porosidade foi obtido, após secagem da amostra em estufa para e pesagem a seco e saturada, o valor de 0,40 ou 40%, com a porosidade específica ficando em 0,35 ou 35%. A tabela e a figura abaixo apresentam um resumo dos resultados:

Tabela 4.1.7.2.5-3 – Análise granulométrica do sedimento do aquífero captado

Granulometria (mm)	Massa (g)	Massa (g) Corrigida	Massa (g) Acumulada	% Fração	% Acumulada
> 2,000	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
2,000 – 1,410	2,31	2,32	3,13	2,32	3,13
1,410 – 1,000	5,06	5,08	8,21	5,08	8,21
1,000 – 0,710	7,87	7,91	16,12	7,91	16,12
0,710 – 0,500	9,08	9,13	25,25	9,13	25,25
0,500 – 0,350	14,97	15,06	40,31	15,06	40,31
0,350 – 0,250	22,23	22,36	62,67	22,36	62,67
0,250 – 0,177	16,93	17,03	79,70	17,03	79,70
0,177 – 0,125	5,02	15,10	94,80	15,10	94,80
0,125 – 0,088	4,07	4,09	98,89	4,09	98,89
0,088 – 0,062	0,96	0,96	99,85	0,96	99,85
< 0,062	0,15	0,15	100,00	0,15	100,00
TOTAL	99,46	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: FRUTAL - INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2013.

Com base na curva de distribuição granulométrica (diâmetro do grão e a declividade da curva), foram estabelecidos os diâmetros efetivos e os coeficientes de uniformidades. De posse desses parâmetros, determinou-se a abertura do filtro, que deverá ser colocado diretamente na formação, correspondente aos intervalos de maior ou menor retenção.

A Granulometria foi determinada por peneiramento mecânico e pesagem. O gráfico abaixo apresenta a curva resultante. O tamanho efetivo dos grãos é de 0,30 mm:

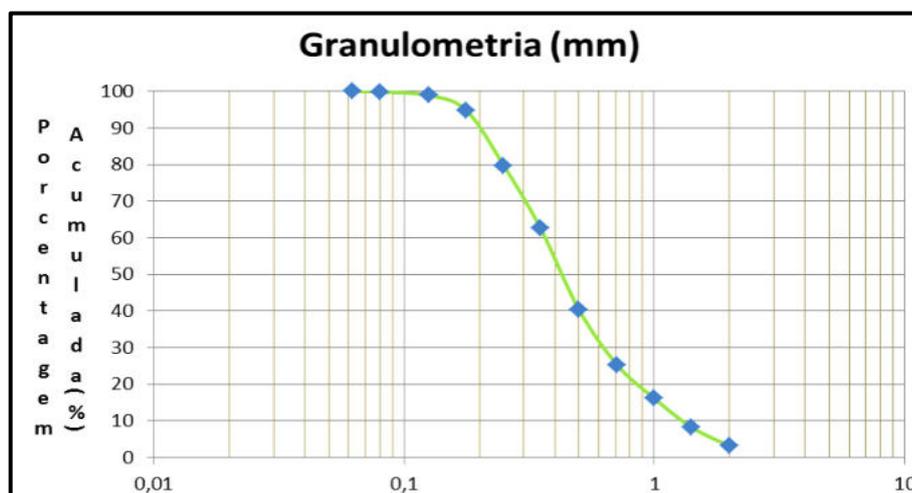


Gráfico 4.1.7.2.5-6 - Curva granulométrica acumulativa dos sedimentos do aquífero captado.
Fonte: FRUTAL-INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2013.

Em um sistema aquífero multicamada, como aqui se apresenta, deve-se tomar como base o nível de granulometria mais fina. Caso haja disponibilidade de filtros com aberturas compatíveis com o das formações, é aconselhável o uso do sistema de filtro pré-estabelecido pela Johnson.

Além disso, foi determinada a granulometria do pré-filtro, cujo material está compreendido entre os diâmetros 1,00mm e 5,00mm de material quartzoso, suficiente para reter adequadamente a formação circundante.

Condições Hidrogeológicas na Área de Captação

Os Aquífero Porosos ocorrem em rochas sedimentares, sedimentos inconsolidados e solos. São bons produtores de água, ocorrem em grandes áreas e suas características hidráulicas condicionam sua capacidade de produção.

O aquífero captado é do tipo *Confinado*, onde um estrato permeável encontra-se entre duas unidades impermeáveis ou pouco permeáveis. A água residente apresenta pressão maior do que a pressão atmosférica, o que faz com que seu nível piezométrico suba acima da camada confinante superior.

Sua espessura, de 54,40 m, foi revelada pelo Perfil Litológico, pela perfilagem geofísica e pela cota topográfica de perfuração do poço. O nível hidrostático, medido no dia 25/05/2013, situava-se a 41,60 m, e a 44,44 m, no piezômetro.

As diferenças medidas entre as cotas topográficas e os níveis hidrostáticos do poço de captação e do piezômetro, referidos a um mesmo *datum*, serviram de base na determinação do *Sentido do Fluxo* e do *Gradiente Hidráulico*. O sentido do fluxo é 12° SW e a *Gradiente Hidráulico*, 0,043 ou 43 m/km.

As soluções analíticas aplicadas na hidráulica de poços são baseadas na observação do fluxo da água subterrânea na direção do poço durante o bombeamento. Um ensaio, ou teste de bombeamento, ou de aquífero foi realizado a fim de se conhecer e dimensionar as características hidrodinâmicas do aquífero captado pelo poço, possibilitando desta forma a determinação do *Coefficiente de Armazenamento (S)*, da *Transmissividade (T)* e da *Condutividade Hidráulica (K)*.

O ensaio de bombeamento para o teste de aquífero consistiu essencialmente no bombeamento contínuo do poço de captação a uma vazão constante de 55 m³/h, valor este encontrado na etapa de desenvolvimento do poço. Foram, então, observados os potenciais hidráulicos, no poço em bombeamento e no piezômetro, por um período total de 36 horas (2160 minutos), quando se constatou a estabilização do nível dinâmico, e se passou imediatamente ao acompanhamento da recuperação do poço até o seu retorno à posição original ou próxima do Nível Estático (NE) inicial.

Para a obtenção de resultados mais confiáveis o poço foi mantido em repouso por um período superior a 24 horas antes do início do teste e foram tomadas providências para que a vazão fosse mantida constante o máximo possível. Foi utilizado o Método de Descarga Livre em Tubo Horizontal, um medidor de nível eletrônico, cronômetro digital e um registro tipo globo.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



Foto 4.1.7.2.5-1 - Teste de bombeamento, método de descarga livre em tubo horizontal.



Foto 4.1.7.2.5-2 - Teste de bombeamento – Equipamento utilizado.

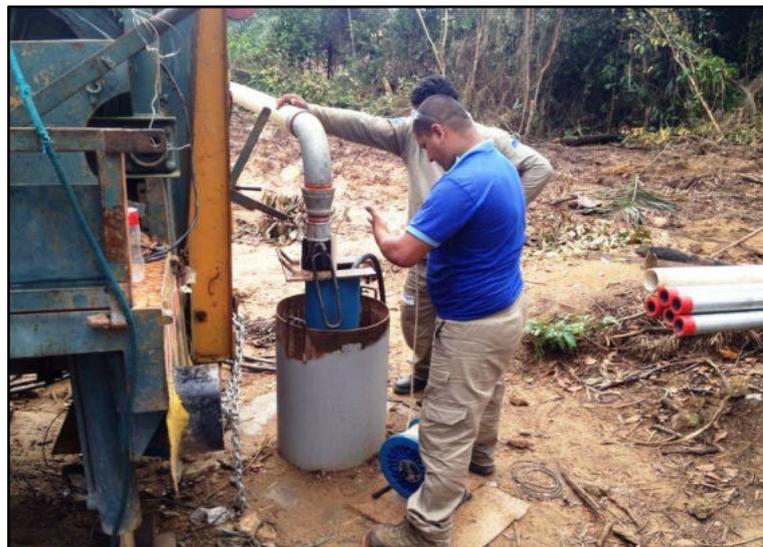


Foto 4.1.7.2.5-3 - Leitura de nível e rebaixamento.

Tabela 4.1.7.2.5-1 – Dados numéricos do Ensaio no Poço de Bombeamento

ENSAIO DE BOMBEAMENTO												
Poço de Bombeamento												
LOCAL: Av. da Floresta s/n - Tarumã												
CLIENTE: Frutal Indústria e Comércio Ltda.												
POÇO: PT-01												
DATA: Início 02/04/2014 às 10:48						Término: 03/04/2014 às 22:57						
NÍVEL ESTÁTICO: 41,60 m						PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO: 114 m						
DURAÇÃO DO BOMBEAMENTO: 36 h (2160 minutos)												
MODELO DA BOMBA: Ebara BHS 51618 45 HP – 380 V						COLUNA EDUTORA: 3” FG						
Rebaixamento						Recuperação						
Nº	t (min)	N.D. (m)	s(m)	Q (m/min)	Nº	t (min)	N.D. (m)	s (m)	Q (m/min)	t (min)	N.D. (m)	s' (m)
1	1	57.50	15.90	59.22	42	1200	86.35	44.75	53.53	1	65,25	23,65
2	2	62.53	20.93	57.60	43	1260	86.45	44.85	53.34	2	57,10	15,50
3	3	65.30	23.70	56.40	44	1320	86.50	44.90	53.75	3	56,19	14,59
4	4	66.89	25.29	56.45	45	1380	86.61	45.01	53.56	4	55,60	14,00
5	5	68.00	26.40	56.40	46	1440	86.66	45.06	55.54	5	55,26	13,66
6	6	68.95	27.35	56.40	47	1500	86.71	45.11	55.45	6	55,07	13,47
7	7	69.50	27.90	56.20	48	1560	86.75	45.15	55.36	7	54,79	13,19
8	8	69.93	28.33	55.90	49	1620	86.80	45.20	55.27	8	54,42	12,82
9	9	70.36	28.76	55.80	50	1680	86.84	45.24	55.44	9	54,18	12,58
10	10	70.74	29.14	55.58	51	1740	86.90	45.30	55.31	10	54,02	12,42
11	12	71.43	29.83	55.50	52	1800	86.96	45.36	55.33	12	53,66	12,06
12	15	72.26	30.66	55.58	53	1860	86.99	45.39	55.41	15	53,42	11,82
13	20	73.33	31.73	54.84	54	1920	87.02	45.42	55.39	20	53,22	11,62
14	25	74.20	32.60	53.52	55	1980	87.05	45.45	55.38	25	53,00	11,40
15	30	74.89	33.29	54.84	56	2040	87.04	45.44	55.37	30	52,96	11,36
16	35	75.57	33.97	55.20	57	2100	87.05	45.45	55.40	35	52,70	11,10
17	40	75.91	34.31	54.96	58	2160	87.05	45.45	55.39	40	52,61	11,01
18	50	76.93	35.33	54.27	59	Fim bombeamento				50	52,43	10,83
18	60	77.46	35.86	55.24	60					60	51,24	9,64
20	70	78.01	36.41	55.14	61					70	50,13	8,53
21	80	78.44	36.84	54.78	62					80	50,04	8,44
22	100	79.23	37.63	54.27	63					100	49,31	7,71
23	120	79.82	38.22	54.60	64					120	48,44	6,84
24	150	80.56	38.96	54.35	65					150	47,98	6,38
25	180	81.10	39.50	54.40	66					180	47,60	6,00
26	240	81.99	40.39	54.25	67					240	46,96	5,36
27	300	82.68	41.08	54.20	68					300	46,44	4,84
28	360	83.21	41.61	54.23	69					360	45,86	4,26
29	420	83.82	42.22	53.94	70					Fim da observação		
30	480	84.01	42.41	53.93	71							
31	540	84.34	42.74	53.86	72							
32	600	84.67	43.07	54.41	73							
33	660	84.96	43.36	53.26	74							
34	720	85.22	43.62	53.82	75							
35	780	85.44	43.84	54.37	76							
36	840	85.59	43.99	53.54	77							
37	900	85.81	44.21	53.95	78							
38	960	85.90	44.30	53.69	79							
39	1020	86.06	44.46	53.96	80							
40	1080	86.14	44.54	53.06	81							
41	1140	86.25	44.65	53.39	82							

A partir dos dados obtidos no teste de bombeamento foram em seguida calculados a *Vazão Específica*, o *Rebaixamento Disponível* e a *Vazão para Instalação* do poço.

a. Vazão Específica:

O poço será operado em um regime de 20 horas/dia. Considerando a vazão específica como a razão entre a vazão de bombeamento (Q) e o rebaixamento (s) produzido no poço em função do bombeamento, para um determinado tempo, calculou-se este valor para um regime de bombeamento de 24 horas ininterruptas:

$$\text{Vazão Específica}_{(24)} = \text{Vazão}_{(24)} / \text{Rebaixamento}_{(24)}$$

$$\text{Vazão Específica}_{(24)} = 55,54\text{m}^3/\text{h} / 45,06\text{m} = 1,23 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}.$$

b. Rebaixamento disponível:

O rebaixamento disponível é o máximo que se pode rebaixar num poço sem que o mesmo sofra riscos de colapso, ou seja, sem que o nível dinâmico ultrapasse o crivo da bomba. Foi determinado experimentalmente como sendo o produto de uma constante pela diferença entre a profundidade do crivo da bomba, instalado 3 metros acima do topo da primeira seção de filtros, considerando-se o sentido descendente, pelo nível estático.

$$\text{Rebaixamento disponível} = 0,6 (\text{Prof. do Crivo} - \text{Prof. N.E.})$$

$$\text{Rebaixamento disponível} = 0,6 (114,00 \text{ m} - 41,60 \text{ m}) = 43,44 \text{ m}.$$

c. Vazão para Instalação do Poço:

A vazão referencial para instalação de poços em rochas sedimentares é dada pelo produto da vazão específica para o tempo de 24 horas pelo rebaixamento disponível.

$$\text{Vazão para Inst. do Poço} = \text{Vazão Específica}_{(24)} \times \text{Rebaixamento disponível}$$

$$\text{Vazão para Instalação do Poço} = 1,23 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} \times 43,44 \text{ m} = 53,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\text{Vazão para Instalação do Poço} \rightarrow 53,4 \text{ m}^3/\text{h} = 53.400 \text{ l/h}.$$

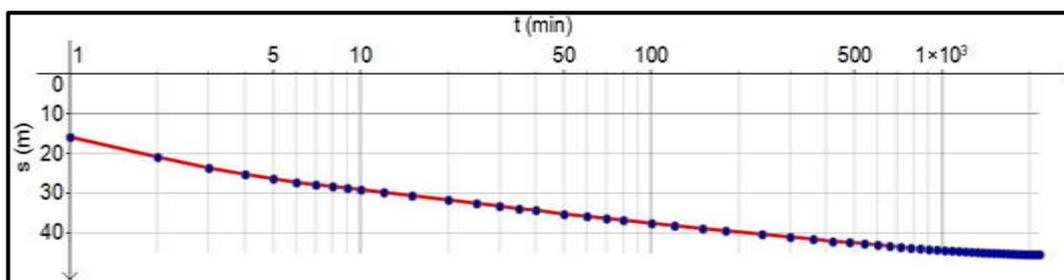


Gráfico 4.1.7.2.5-7 – Evolução do cone de rebaixamento com o tempo de bombeamento (poço de bombeamento) em diagrama semilogaritmico.

O ensaio possibilitou o acompanhamento da evolução dos potenciais hidráulicos no aquífero, a verificação de eventuais conexões e/ou barreiras hidráulicas. Os dados assim obtidos permitiram o cálculo das características hidrodinâmicas, empregando para este fim os métodos de Theis e de Theis modificado, de Jacob e Cooper. A figura abaixo mostra a evolução do cone de rebaixamento com o tempo de bombeamento do poço de captação:

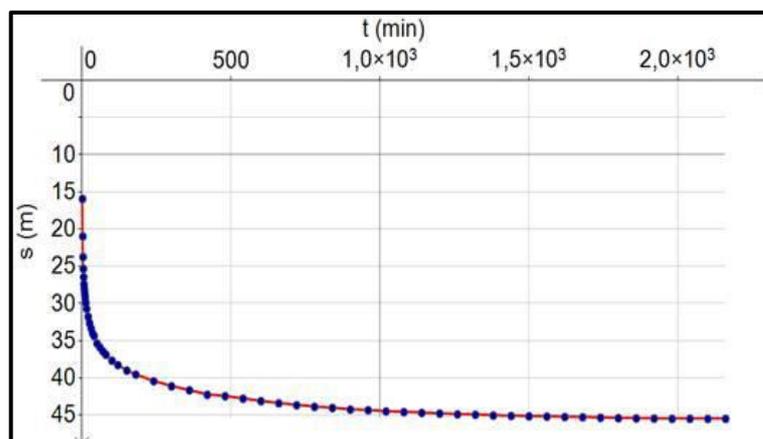


Gráfico 4.1.7.2.5-8 – Diagrama da evolução do cone de rebaixamento com o tempo (poço de bombeamento).

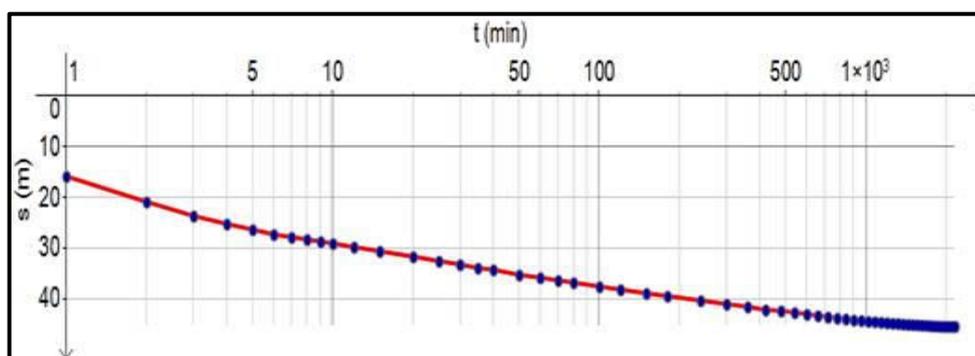


Gráfico 4.1.7.2.5-9 – Evolução do cone de recuperação com o tempo do poço (poço de bombeamento) em diagrama semilogaritmico.

Para a obtenção do Coeficiente de Armazenamento do aquífero foram utilizados os dados resultantes do teste de bombeamento no poço de observação, por serem mais fidedignos

e precisos e, conseqüentemente, mais representativos do comportamento do aquífero que aqueles do poço bombeado.

Vazão Específica (24)	1,23 m ³ /h/m
Rebaixamento disponível	43,44 m
Vazão para Instalação do Poço	53.400 l/h

Quadro 4.1.7.2.5-2 - Valores de trabalho do poço Fonte.

CLIENTE: <u>FRUTAL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA</u>									
POÇO: <u>PT-02</u>		LOCAL: <u>AV. DA FLORESTA S/ TARUMÃ</u>							
PROF: <u>180</u> (m)		ø POÇO: <u>6"</u> (Pol)		NE: <u>36.68</u> (m)					
		ø COLUNA EDUTORA: <u>2" FG</u> (Pol)		PROF. <u>90</u> (m)					
MOD. DA BOMBA: <u>BHS 512-13 220V 20CV</u>				INSTALAÇÃO: <u>90</u> (m)					
INÍCIO: <u>11:00</u> (h)			DATA: <u>02/04/2014</u>						
TÉRMINO: <u>11:13</u> (h)									
REBAIXAMENTO E VAZÃO						RECUPERAÇÃO			
TEMPO (min)	ND (m)	Q (m ³ /h)	TEMPO (min)	ND (m)	Q (m ³ /h)	TEMPO (min)	ND (m)	TEMPO (min)	ND (m)
1	52.23	37.51	480	62.45	37.14	1	47.00	480	
2	54.27	37.55	540	62.61	37.10	2	45.90	540	
3	54.35	37.62	600	62.77	37.08	3	44.82	600	
4	54.58	37.59	660	62.91	36.96	4	43.17	660	
5	54.89	37.52	720	63.04	36.85	5	42.80	720	
6	55.28	37.40	780	63.15	36.83	6	42.49	780	
7	55.94	37.03	840	63.22	36.77	7	42.13	840	
8	56.29	36.99	900	63.33	36.75	8	41.97	900	
9	56.57	37.34	960	63.37	36.66	9	41.78	960	
10	56.77	37.50	1020	63.45	36.63	10	41.60	1020	
12	57.14	37.51	1080	63.49	36.48	12	41.10	1080	
15	57.02	37.34	1140	63.54	36.63	15	41.06	1140	
20	58.09	37.61	1200	63.59	36.64	20	40.60	1200	
25	58.44	37.22	1260	63.64	36.64	25	40.49	1260	
30	58.90	37.46	1320	63.66	36.64	30	40.47	1320	
35	58.98	37.50	1380	63.71	36.64	35	40.34	1380	
40	59.17	37.48	1440	63.73	36.65	40	40.29	1440	
50	59.52	37.51	1500			50	40.15		
60	59.80	37.44	1560			60	40.07		
70	60.06	37.55	1620			70	40.01		
80	60.43	37.28	1680			80	39.96		
100	60.56	37.32	1740			100	39.59		
120	60.72	37.46	1800			120	39.15		
150	61.02	37.38	1860			150	38.92		
180	61.27	37.28	1920			180	38.73		
240	61.60	37.38	1980			240			
300	61.87	37.22	2040			300			
360	62.06	37.26	2100			360			
420	62.36	37.20	2160			420			

Quadro 4.1.7.2.5-3 – Valores numéricos do teste de bombeamento no poço de observação.

Através da interpretação dos dados do ensaio de bombeamento foram obtidos os valores de 9,2 m²/dia para a *Transmissividade*, de 3,9 x 10⁻³ para o *Coefficiente de Armazenamento*, e de 0,15 m/dia para a *Condutividade Hidráulica*.

Devido principalmente às diferenças de nível e pressão, a água subterrânea desloca-se dos níveis mais altos de energia hidráulica para os mais baixos. Assim, a partir dos valores da *Condutividade hidráulica*, do *Gradiente hidráulico* e da *Porosidade efetiva*, foram calculadas as velocidades de fluxo da água subterrânea no aquífero, com base na Lei de Darcy, obtendo-se o valor de 0,00645 m/dia para a *Velocidade Aparente*, e o valor de 0,01 m/dia para a *Velocidade Linear Média*, ou *Velocidade Real*.

Abaixo apresenta-se um resumo das características hidrogeológicas do aquífero a ser explorado:

Tabela 4.1.7.2.5-4 – Características hidrogeológicas.

PARÂMETRO	VALOR
Tipo	Confinado, multicamadas
Profundidade topo	42,50 m
Profundidade base	148,0 m
Espessura	54,40 m
Nível hidrostático	41,63 m
Sentido do fluxo	120 SW
Gradiente hidráulico	0,043 ou 43% m/km
Velocidade de fluxo	0,00645 m/dia
Vel. linear média	0,01843 m/dia
Porosidade média	0,40 ou 40%
Poros. Efet. Média	0,35 ou 35%
Transmissividade (T)	9,2 m ² /dia
Coef. de armaz. (S)	3,9 . 10 ⁻³
Condut. Hidráulica (K)	0,15 m/dia

Fonte: FRUTAL-INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2013.

Características Construtivas da Captação

As variáveis envolvidas na construção de poços tubulares são múltiplas, indo desde os tipos de rochas a serem perfurados, a complexidade estrutural, os materiais utilizados na coluna de revestimento definitivo, a disponibilidade financeira e outros parâmetros, não sendo possível um projeto padrão.

Os diâmetros de perfuração de um poço dependem exclusivamente da capacidade de produção e do rebaixamento, informações previamente obtidas sobre poços já executados nas vizinhanças, e complementadas durante os trabalhos. De posse desses elementos e do

conhecimento dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero, define-se com segurança o diâmetro da câmara de bombeamento (seção do revestimento que se destina ao abrigo da bomba), que, para o nosso caso, é de 8 polegadas, instalada a 114 metros do solo.

A captação da Frutal é constituída por um poço tubular, com diâmetro de 8" (8 polegadas) e 150 m de profundidade. O serviço de perfuração foi realizado de acordo com as especificações e normas técnicas atendendo aos requisitos da ABNT/NBR nº 12212/2006 – projeto e ABNT/NBR nº 12255/2006 – construção.

Foi utilizado o método rotativo com sonda elétrica fabricada pela Metalúrgica Nasser, com capacidade de até 200 m, e circulação direta do fluido de perfuração, a base de gel e de bentonita.

Inicialmente foi realizado um furo piloto com 203,2 mm (8") de diâmetro até a profundidade de 150 m, efetuando-se a cada dois metros a coleta de amostra, anotação das litologias atravessadas e suas espessuras para descrição, análise granulométrica, interpretação e integração com os dados a serem obtidos da perfilagem geofísica.

As amostras foram então secadas e acondicionadas em sacos plásticos com etiquetas contendo o registro sobre a profundidade da coleta, data e identificação do poço.

Em seguida foi realizada a perfilagem geofísica pelos métodos Raios Gama (RG), Potencial Espontâneo (SP) e Resistência Elétrica (RE).

Concluídas as etapas acima, procedeu-se ao alargamento para a bitola de 431,8,0 mm (17") no diâmetro do furo piloto, até a profundidade de 24 m, e foi cravado o tubo de boca, em aço, com diâmetro de 431,8,0 mm (17") e efetuada a cimentação, com concreto ciclópico, do espaço anelar existente entre o tubo de boca e as paredes da perfuração. A seguir procedeu-se ao alargamento do furo piloto para o diâmetro de 431,8,0 mm (17") até a profundidade de 46 m.

Superada a fase de perfuração, e já de posse das informações sobre a granulometria do aquífero e do perfil litoestratigráfico, passou-se à fase de completação do poço, com a descida da tubulação de revestimento, constituída de tubos Tupy geomecânicos especiais e dos filtros inox de 8", com ranhuras determinadas em função do resultado dos ensaios granulométricos de laboratório.

Foram selecionados, com base nas amostras de calha, três intervalos significativos como produtores de água. O posicionamento dos filtros, nas zonas mais produtoras, foi determinado pela amostragem de calha perfilada e pelo tempo de penetração. Estão instalados nos seguintes intervalos: 42,50m – 46,50m; 50,60m – 58,60m; 119,70m – 148,00m. A extremidade inferior da coluna de revestimento foi obturada por um CAP. Esta fase foi concluída com a construção da laje sanitária, utilizando argamassa de cimento.

Seguiu-se a instalação do pré-filtro, composto de material quartzoso e com granulometria entre 1 mm e 5 mm. O *encascalhamento* foi feito paulatinamente através de bombeamento com fluido, de modo a formar um anel cilíndrico contínuo entre a parede de perfuração e a coluna de tubos de revestimento e filtros. Na fase posterior, de bombeamento, foram feitos pequenos acréscimos de material para completar o nível rebaixado durante esta fase.

O melhor empacotamento do pré-filtro irá minimizar a entrada de finos da formação para dentro do poço, garantindo uma melhor qualidade da água produzida e uma proteção maior para a bomba, que pode ter seus rotores danificados caso o poço produza materiais sólidos junto com a água.

Foi executado **teste de alinhamento** após a completação, descendo pela tubulação do poço um gabarito de diâmetro igual e comprimento correspondente ao dobro do da bomba que será utilizada para a exploração do poço e que desceu livremente sem raspar e nem tocar nas paredes do poço, até 30 metros abaixo da profundidade prevista para a colocação da bomba.

Seguiu-se o **teste de verticalidade**, realizado com sucesso utilizando um *prumo* de diâmetro com 25 mm menor que o diâmetro interno do revestimento do poço.

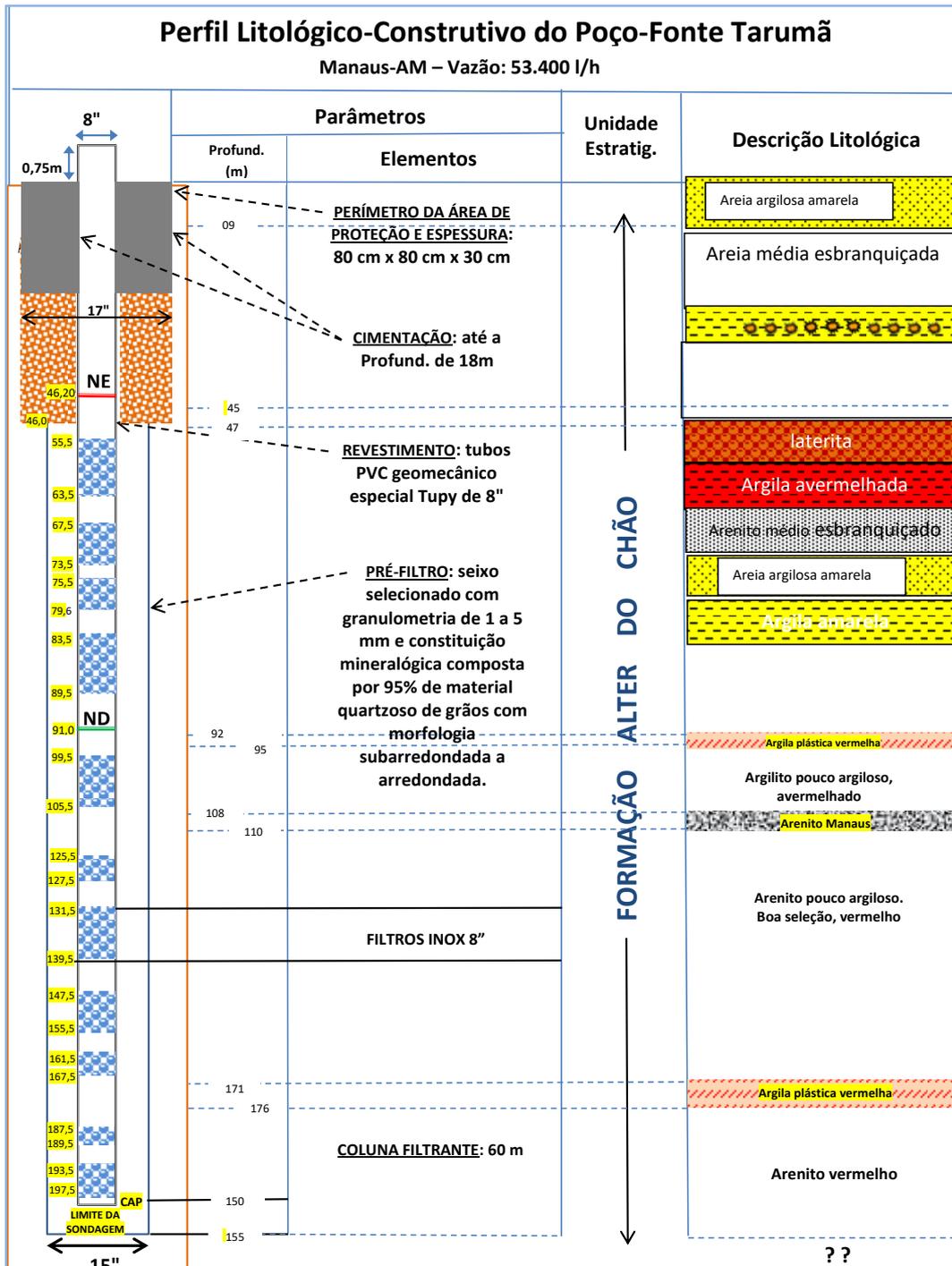


Figura 4.1.7.2.5-8 - Detalhes Constructivos do poço-fonte Tarumã. Elaborada a partir dos constantes no Relatório Final de Pesquisa da empresa executora.

Fonte: FRUTAL-INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2013.

Com finalidade de dar proteção sanitária ao poço, foi realizada a cimentação do espaço anelar entre o revestimento e a parede de perfuração, até a profundidade de 24 metros. Na superfície do terreno em volta do tubo de revestimento foi construída uma laje, em concreto ciclópico, na espessura de 0,30 m.

É interessante registrar que durante todas as etapas da execução do poço foram tomadas todas as medidas possíveis contidas no “Manual de Boas Práticas para Captação e também Desinfecção”, tendo-se, inclusive, o cuidado de controlar os parâmetros físicos e químicos do fluido de perfuração a fim de se evitar a indução de contaminação ao poço e ao aquífero.

Logo após a descida do revestimento e conseqüentemente a do pré-filtro, foi iniciado o processo de limpeza e desenvolvimento do poço, empregando processos sucessivos de bombeamento pelo método AIR-LIFT, injeção de solução de hexametáfosfato de sódio e às vezes pistoneamento, com êmbolo, até que não houvesse mais a produção de areia, ou mesmo jateamento de cada seção filtrante com uma solução dispersante para trabalhar quimicamente o empacotamento do pré-filtro e proporcionar uma retirada completa do fluido de perfuração.

Para a desinfecção foi injetada uma solução de hipoclorito de cálcio, com uma concentração de cloro livre em torno de 100 mg/l, que permaneceu em repouso por um período de 8 horas, sendo feito posteriormente o bombeamento para eliminação do cloro residual.

Condições de utilização

As condições de utilização de um poço são determinadas a partir do conhecimento de sua vazão, suas perdas de carga, sua eficiência que, a seu turno, dependem das características hidrodinâmicas do aquífero captado.

Para determinar as condições de utilização na captação foi efetuado um ensaio de bombeamento (Tabela 4.1.7.2.5-5) em três etapas de bombeamento de duas horas cada, ou teste de produção, do tipo escalonado, quando foram registrados os parâmetros hidráulicos que possibilitaram determinar as curvas que tipificam o poço, sua eficiência e sua equação característica.

Tabela 4.1.7.2.5-5 - Ensaio de Bombeamento

Q (m ³ /h)	s (m)	s/Q (m/m ³ /h)	Q/s (m ³ /h/m)
53,32	74,20	1,391	0,72
54,27	76,93	1,417	0,71
55,14	78,01	1,415	0,70

A *perfilagem ótica* - da qual mostramos abaixo algumas imagens obtidas no final da execução deste poço, é uma verdadeira endoscopia realizada com equipamento de vídeo no interior do poço tubular. Ao longo dos últimos anos vem se tornando cada vez mais uma

ferramenta precisa e indispensável, tanto na fase final de completção do poço, como na sua manutenção técnica preventiva e corretiva, ao longo de seu uso. Ela faz um diagnóstico preciso do que ocorre no interior do poço e com grande precisão, consistindo num método auxiliar direto na aferição de sua perfilagem construtiva, estrutural, verticalidade e suas condições gerais no final de sua execução.

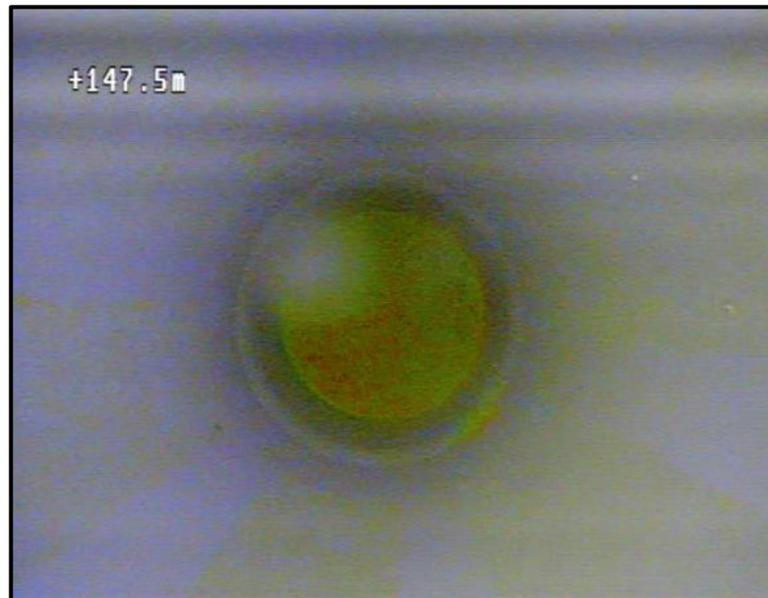


Foto 4.1.7.2.5-4 - Final de tubulação em filtro.

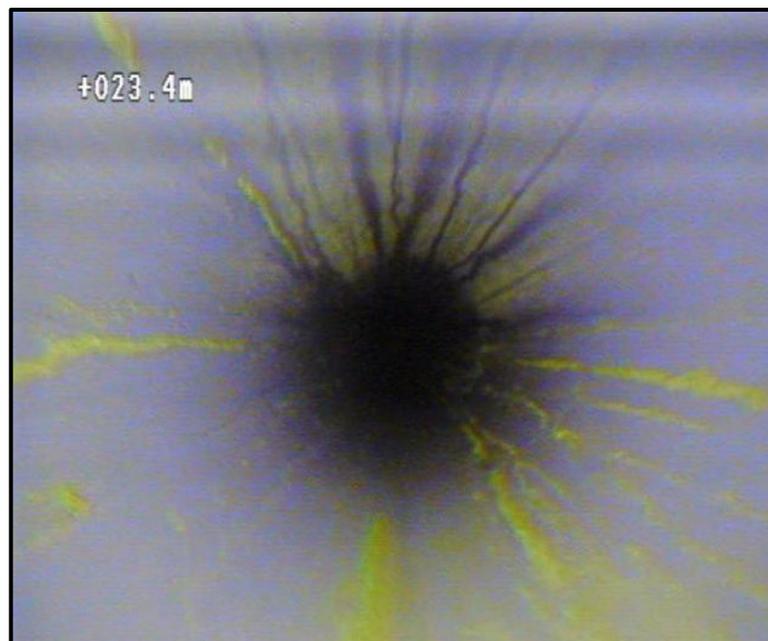


Foto 4.1.7.2.5-5 - Lama de adsorção.

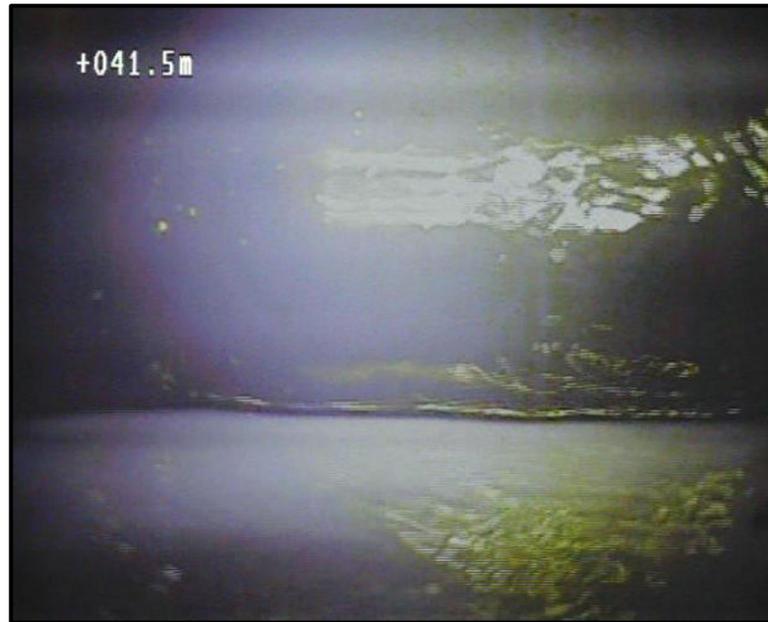


Foto 4.1.7.2.5-6 - Nível estático.

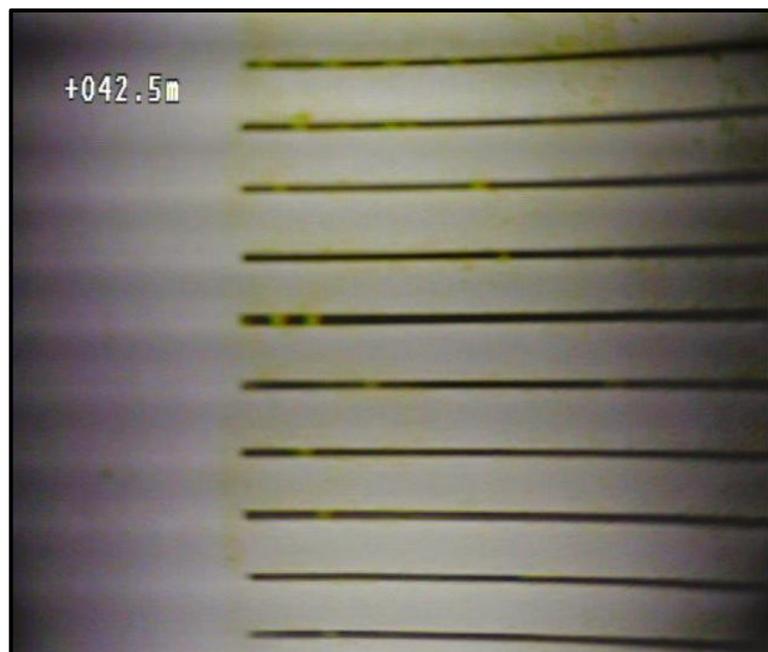


Foto 4.1.7.2.5-7 - Parede interna com detalhe das ranhuras.

Vulnerabilidade do Aquífero

A caracterização hidrogeológica da área de estudo foi feita com base na avaliação de dados geológicos e hidrogeológicos disponíveis em publicações e na interpretação dos perfis geológico-construtivos dos poços tubulares identificados na região.

A identificação dos poços tubulares foi realizada através da consulta ao banco de dados do Sistema de Informações de Água Subterrânea (SIAGAS, 2013), sendo que as principais

informações analisadas foram: nível estático, perfil geológico, profundidade das entradas de água, tipo de uso previsto e o proprietário, vazão após a estabilização, cota do terreno e localização do poço.

A avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos foi feita com base na aplicação da metodologia GOD (FOSTER; HIRATA, 1988; FOSTER et al., 2006). Como a área de estudo consiste numa zona altamente urbanizada e relativamente pequena, a utilização de outros métodos, como o DRASTIC (ALLER et al., 1987), se tornou inviável. Os parâmetros do método GOD foram identificados levando em conta os dados geológicos e hidrogeológicos contidos nos relatórios técnicos e perfis construtivos dos poços retirados do SIAGAS. A definição dos valores para cada parâmetro foi baseada na interpretação desses dados e na comparação com os valores padrões definidos pela metodologia (Figura 4.1.7.2.5-9).

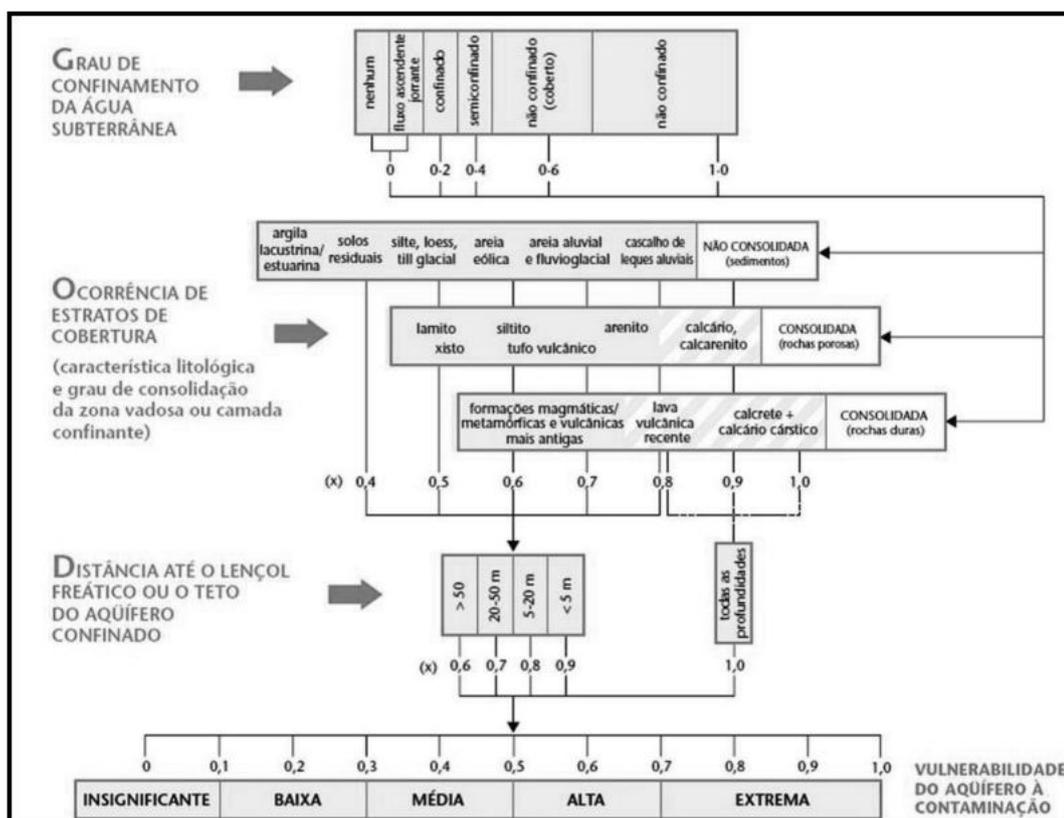


Figura 4.1.7.2.5-9 - Descrição dos Parâmetros e Valores Orientadores para aplicação da Metodologia GOD. Fonte: FOSTER e HIRATA, 1988; FOSTER et al., 2006.

Área de Proteção à Captação

Como parte complementar do Relatório Final de Pesquisa (RFP), quando de sua apresentação à Superintendência do DNPM, o Estudo de Área de Proteção da captação deve

fazer parte deste relatório, conforme determina o item 1 da Portaria nº 231/98 – DNPM, e cuja execução deve seguir o disposto no item 3.4 dessa mesma Portaria.

Para a definição da Área de Proteção de uma fonte ou poço - área esta que engloba a superfície e a subsuperfície em torno da captação a ser protegida -, foram utilizados métodos adequados à disponibilidade de informações, considerando-se as características hidrogeológicas e o grau de intensidade de ocupação da área em estudo.

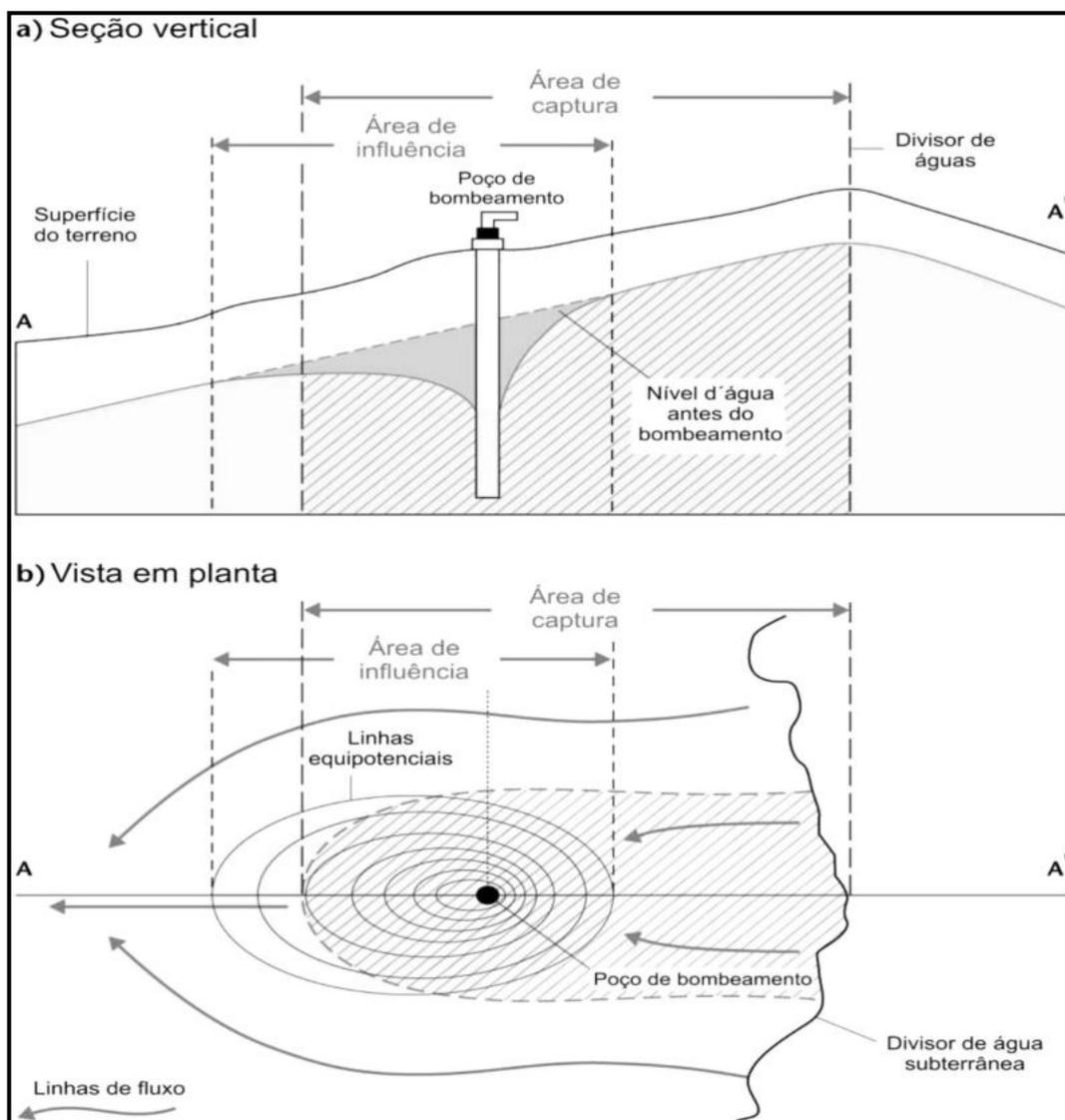


Figura 4.1.7.2.5-10 – Parâmetros utilizados na definição do perímetro de proteção da
Fonte: FRUTAL-INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2013.

Neste trabalho procuramos estabelecer, além do perímetro imediato de Proteção Sanitária, um *perímetro de alerta* contra poluição, tomando-se por base uma distância coaxial ao sentido do fluxo, a partir do ponto de captação, equivalente ao tempo de trânsito de cinquenta dias de águas no aquífero, no caso de poluentes não conservativos.

Na captação subterrânea consideram-se três zonas: ZI (*zona de influência*), ZC (*zona de contribuição*) e ZT (*zona de transporte*). (Ressalte-se que a *zona de influência* constitui-se a principal área de proteção das captações.).

A *zona de influência* ZI, associada ao perímetro imediato do poço ou fonte, define uma área onde serão permitidas apenas atividades inerentes ao poço ou fontes e delimita também um entorno de proteção microbiológica. Suas dimensões foram estabelecidas em função das características hidrogeológicas e grau de vulnerabilidade ou risco de contaminação de curto prazo. Nesta zona, não serão permitidas quaisquer edificações e deverá haver severas restrições à atividade agrícola ou outros usos considerados potencialmente poluidores.

A *zona de contribuição* e a *zona de transporte* (ZC e ZT) foram estabelecidas objetivando uma segura proteção contra contaminantes mais persistentes, como produtos químicos industriais ou outras substâncias tóxicas, por exemplo. Sua definição e dimensões estão em função principalmente das atividades, níveis e intensidade de ocupação e utilização da terra, levando-se em conta também as estimativas sobre o tempo de trânsito.

A Tabela 4.1.7.2.5-6 foi elaborada por Fetter, (1988). De acordo com ele, existe uma relação direta entre a classificação textural, a permeabilidade intrínseca e a condutividade hidráulica.

Tabela 4.1.7.2.5-6 - Classificação textural, permeabilidade intrínseca e condutividade hidráulica

Material	Permeabilidade Intrínseca (cm/s)	Condutividade Hidráulica (cm/s)
Argila Silte; Silte arenoso	$10^{-14} - 10^{-11}$	$10^{-9} - 10^{-6}$
Areia argilosa Areia siltosa;	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areia fina Areia bem distribuída	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-4} - 10^{-2}$
Cascalho bem distribuído	$10^{-8} - 10^{-5}$	$10^{-3} - 10^0$

Faixa de valores de permeabilidade intrínseca e condutividade hidráulica para vários materiais não consolidados (Fetter, 1988).

Fonte: FETTER, 1988.

A definição do perímetro de proteção da fonte foi feita tomando por base os valores desta tabela, os dados granulométricos resultantes do estudo em laboratório sobre os sedimentos amostrados na primeira fase dos trabalhos, as informações levantadas nos ensaios de bombeamento, levantamento hidrológico, informações sobre influências antrópicas, enfim, todo este conjunto de informações foi utilizado nas suas relações intrínsecas. A Tabela 4.1.7.2.5-4 e a Tabela 4.1.7.2.5-7 resumem as características hidrogeológicas, hidrodinâmicas

e granulométricas dos sedimentos do aquífero a ser explorado utilizadas em conjunto com as informações de natureza antrópica na definição da Área de Proteção da Fonte.

Tabela 4.1.7.2.5-7 - Síntese das informações hidrogeológicas, hidrodinâmicas e granulométricas.

PENEIRAMENTO					
Granulometria (mm)	Massa (g)	Massa (g) Corrigida	Massa (g) Acumulada	% Fração	% Acumulada
> 2,000	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
2,000 – 1,410	2,31	2,32	3,13	2,32	3,13
1,410 – 1,000	5,06	5,08	8,21	5,08	8,21
1,000 – 0,710	7,87	7,91	16,12	7,91	16,12
0,710 – 0,500	9,08	9,13	25,25	9,13	25,25
0,500 – 0,350	14,97	15,06	40,31	15,06	40,31
0,350 – 0,250	22,23	22,36	62,67	22,36	62,67
0,250 – 0,177	16,93	17,03	79,70	17,03	79,70
0,177 – 0,125	15,02	15,10	94,80	15,10	94,80
0,125 – 0,088	4,07	4,09	98,89	4,09	98,89
0,088 – 0,062	0,96	0,96	99,85	0,96	99,85
< 0,062	0,15	0,15	100,00	0,15	100,00
TOTAL	99,46	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: FETTER, 1988.

De acordo com Fetter (1988), existe uma relação direta entre a classificação textural, a permeabilidade intrínseca e a condutividade hidráulica, conforme tabela a seguir. Tomando por base estes valores, e de posse dos dados granulométricos anteriormente obtidos em laboratório, foram utilizados no cálculo do perímetro de proteção da fonte:

A partir da condutividade hidráulica, calculou-se a velocidade média da água subterrânea através do gradiente hidráulico entre dois poços alinhados em posições extremas em cada vertente (montante/jusante). Calcula-se O gradiente hidráulico foi calculado pela equação de Fetter, 1994:

Finalmente, os perímetros de proteção da fonte foram calculados aplicando-se a equação da velocidade, função espaço x tempo: $v = s/t$ ou $s = v/t$, onde: v = velocidade dada pela condutividade hidráulica (K) (metros/segundo) t = tempo de trânsito da água no subsolo (segundos) s = distância de proteção das fontes (metros). Assim, foram definidas as duas Zonas de Proteção, como abaixo:

Zona de Influência para Zona Imediata – raio de até 10 metros ao redor da captação, cercada e controlada, na qual se exclui qualquer atividade, armazenamento, manipulação ou aplicação que seja perigosa e que possa comprometer a qualidade da água. Deve-se salientar que esta distância é obrigatória e não depende da geologia local (Figura 4.1.7.2.5-11).

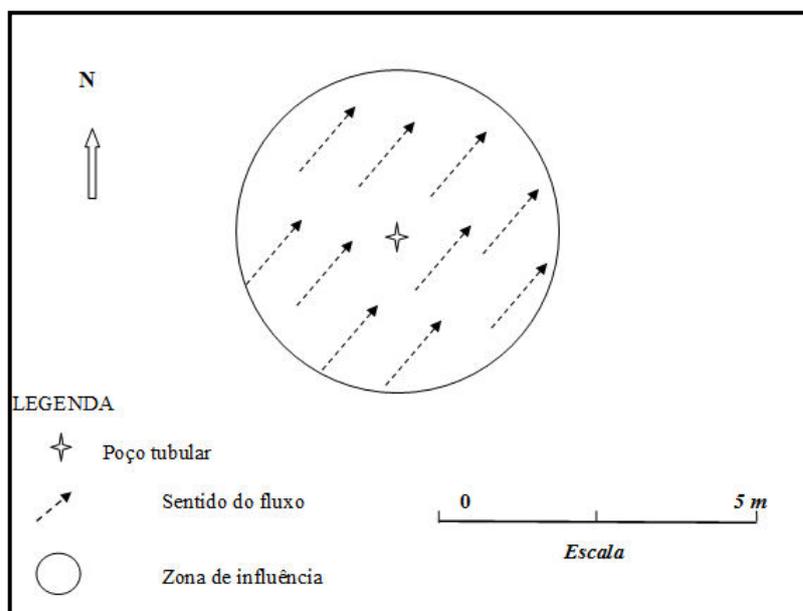


Figura 4.1.7.2.5-11 - A *zona de Influência* foi delimitada para um dia de bombeamento contínuo, tendo um raio de 2,73 m.

Zona de Transporte para **ZONA PRÓXIMA** - preferencialmente para proteção bacteriológica. O limite externo foi fixado em termos de tempo de trânsito da água de até 100 dias, desde a superfície do terreno até a fonte captada. São toleradas apenas certas atividades não contaminantes, certos armazenamentos em condições bem controladas e acesso restrito para pessoas e veículos. Vide figura abaixo:

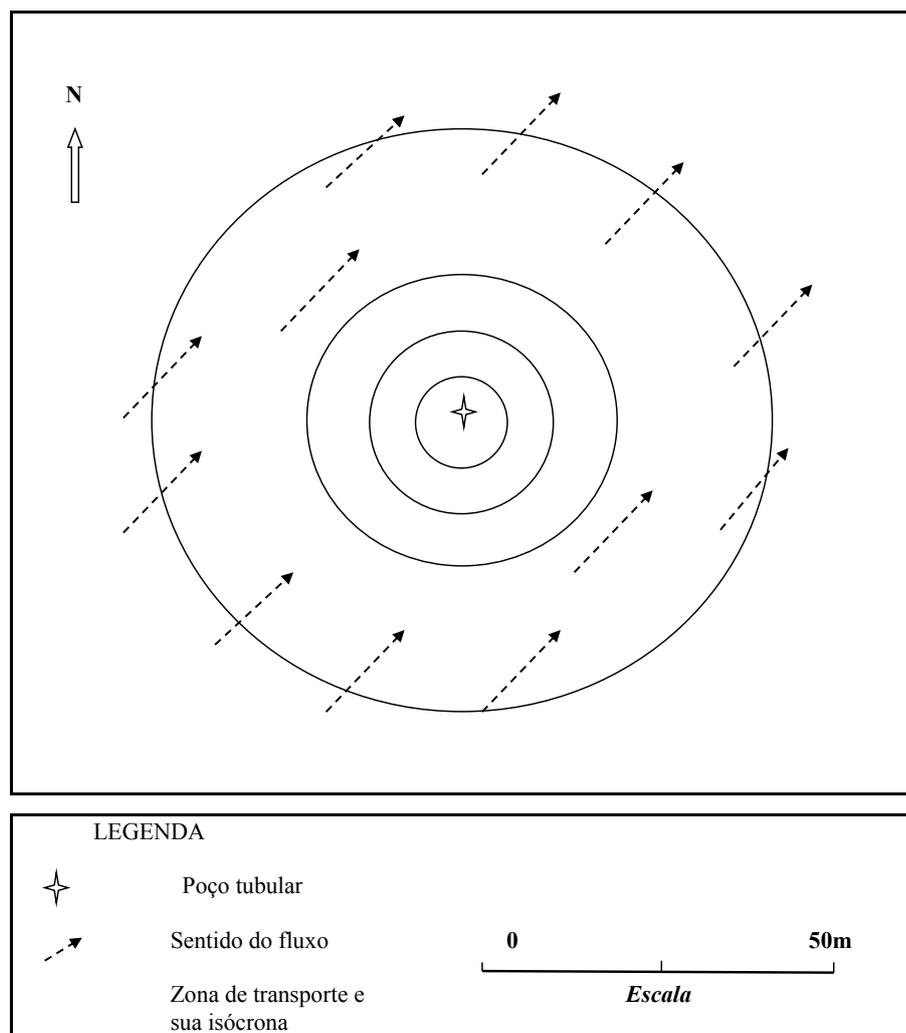


Figura 4.1.7.2.5-12 – Zona de transporte ou captura da captação para as isócronas de 1 mês (1m), 2 meses (2m), 4 meses (4m) e 1 ano (1a).

Conclusão

O aquífero Alter do Chão é definido como um dos maiores do Brasil e, especificamente na região próxima de Manaus, onde os poços tubulares que tem vazões superiores a 100 m³/h encontram-se em profundidade média de 200m. São frequentes e não existe nenhuma informação ao longo dos últimos trinta anos sobre rebaixamento do lençol freático nesse nível que justifique o comprometimento do uso água desse aquífero principalmente na área objeto do projeto onde não existe poços tubulares profundos na adjacência e, portanto, é exequível o abastecimento da demanda da água para o projeto. A Figura 4.1.7.2.5-13 mostra um exemplo de poço na cidade de Manaus com essa característica.

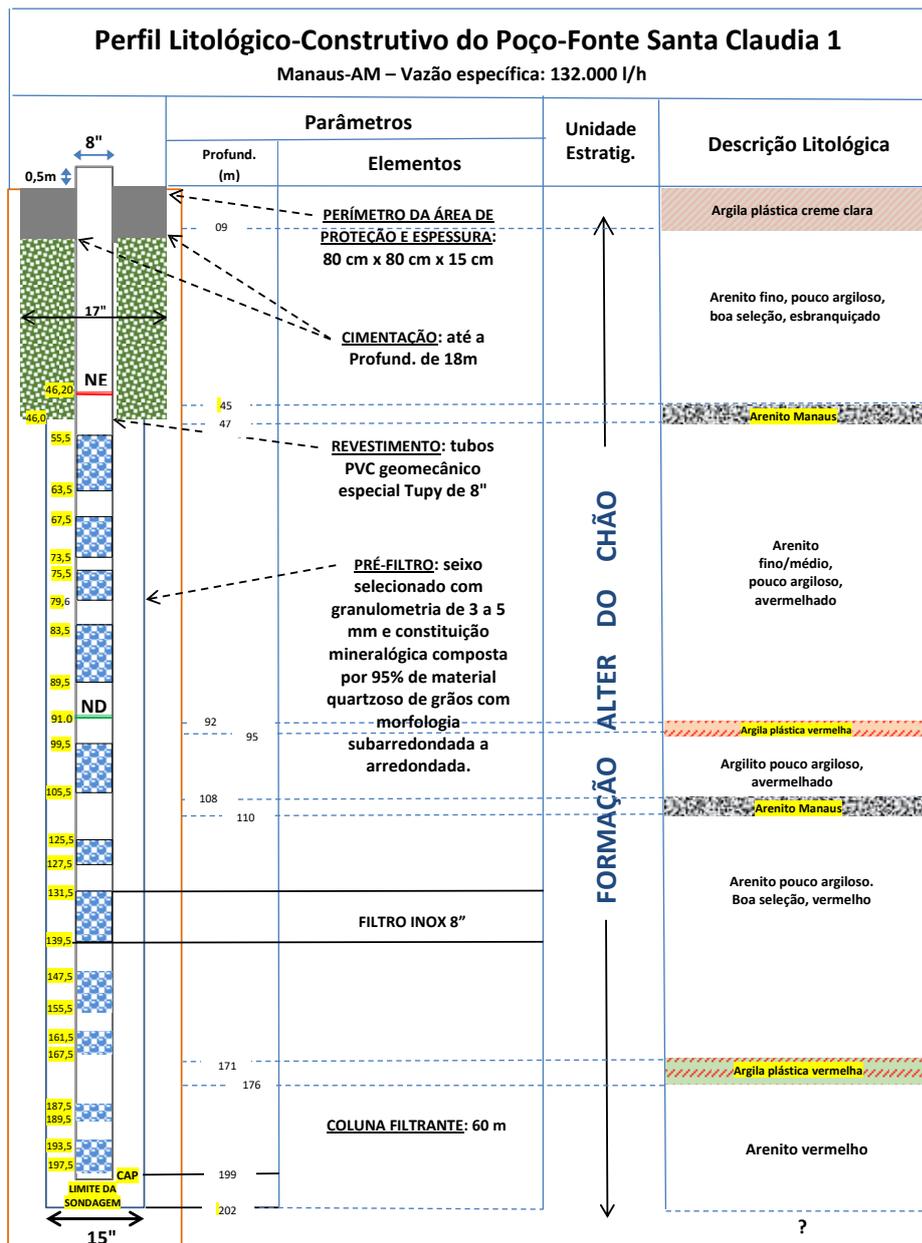


Figura xy: Detalhes construtivos, estruturais, litoestratigráficos e dos materiais e equipamentos utilizados no poço-fonte Santa Claudia 1. Elaborada a partir dos dados constantes no Relatório Final de Pesquisa da empresa executora.

Eng. De Minas Luiz A. R. de Oliveira

Figura 4.1.7.2.5-13 - Exemplo de um poço profundo em Manaus.

Fonte:

4.1.7.3 Qualidade dos Corpos d' Água

4.1.7.3.1 Qualificação Físico-Química e Biológica das Águas Superficiais da Área de Influência Direta do Empreendimento

Em função do quadro de deterioração dos sistemas aquáticos, houve a necessidade de se criar medidas para assegurar a proteção e o uso sustentável dos mesmos. Neste sentido em

1997 a Lei Federal nº 9.433 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos que traz dentre seus instrumentos o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água. Este enquadramento visa a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes. Em 2005, o enquadramento dos corpos de água segundo suas classes foi reformulado com o intuito de alcançar as condições adequadas de qualidade da água a ser utilizada nas mais diversas finalidades, conforme estabelecido pelas Resoluções Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 274 e nº 357 (BRASIL, 2000; 2005).

As águas superficiais da área de influência direta do empreendimento, de acordo com os termos da Resolução CONAMA Nº 357/05 se classificam como classe II.

Os valores máximos estabelecidos para águas de classe II são:

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

IX - fósforo total:

m) pH: 6,0 a 9,0.

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA 274 de 2000.

4.1.7.3.2 Metodologia Adotada (coleta, preservação e análise), dos Parâmetros e dos Pontos de Amostragens

Para a **Área 1**, foram coletadas 06 amostras de água (5 amostras de águas superficiais dos pequenos igarapés encontrados na região e uma amostra de água subterrânea obtida em poço raso) e foram analisadas para os parâmetros microbiológicos, físico-químicos e concentração de metais, conforme segue:

- Parâmetros Microbiológicos: Coliformes termotolerantes;
- Parâmetros Físico-químicos: Cor verdadeira; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅); Nitratos (NO₃); Nitritos (NO₂); Nitrogênio Amoniacal Total; Óleos & Graxas totais (substâncias solúveis em hexano); Oxigênio Dissolvido (OD); pH a 25°C; Resíduos Sólidos Objetáveis; Sólidos totais dissolvidos - STD; Sulfatos (SO₄); Sulfetos e Turbidez.

Foram analisados os metais:

Alumínio total; Bário total; Boro total; Cádmio total; Chumbo total; Cobre total Cromo total; Ferro total; Lítio total; Manganês total; Mercúrio total; Níquel total; Zinco total.

Para se estabelecer os critérios de escolha dos pontos e da metodologia adotada (coleta, preservação e análise), dos parâmetros e dos pontos de amostragens e estratégia de coletas de amostras foi estabelecido um planejamento adequado que envolveu a obtenção de informações preliminares sobre a área de influência do corpo d'água a ser amostrado, como:

- Levantamento de estudos já realizados no local que contribuíram com informações sobre as características da área de estudo e as principais atividades poluidoras na bacia, que poderiam influir na qualidade das águas, tais como: indústria, agricultura, mineração, zonas urbanas, etc., a fim de estabelecer os locais de amostragem;
- Elaboração de croqui com a localização dos possíveis pontos de coleta;
- Visita à área de estudo para georreferenciamento dos locais de coleta por meio de GPS (“Global Position System”), levantamento fotográfico com as características locais e contato com as pessoas do local a fim de se obter dados adicionais que confirmassem ou esclarecessem os dados preliminares levantados (lançamentos de lixo, resíduos industriais ou domésticos no corpo de água ou nas suas margens, e outras informações);
- Verificação das vias de acessos, bem como a situação das mesmas, tempo necessário para a realização dos trabalhos, disponibilidade de apoio local para armazenamento e transporte de material de coleta e amostras, avaliando possíveis limitações ou interferências.

As metodologias utilizadas e os critérios de escolha dos pontos e datas das amostragens foram realizados de acordo com a norma ABNT 12649. A técnica adotada para a coleta foi do tipo de amostragem (amostra simples). Quanto aos parâmetros, métodos de coleta, conservação das amostras e também, dos ensaios a serem solicitados (ensaios físico-químicos, microbiológicos, biológicos), os mesmos foram realizados conforme se observa no Quadro 4.1.7.3.2-1.

- Parâmetros avaliados
- Cor verdadeira;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5);
- Nitratos (NO₃-);
- Nitritos (NO₂-);
- Nitrogênio Amoniacal Total;
- Óleos & Graxas totais (substâncias solúveis em hexano);
- Oxigênio Dissolvido (OD);
- pH a 25°C;
- Resíduos Sólidos Objetáveis;
- Sólidos totais dissolvidos - STD;
- Sulfatos (SO₄²⁻);
- Sulfetos e
- Turbidez.

Ensaio	Classes da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade e de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Cloreto, fluoreto, Nitrato, nitrito, Sulfato	A,B,C	P	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4oC ± 2oC	Cloreto, Fluoreto e Sulfato – 28 dias Nitrato e nitrito – 48 h
Condutividade (em campo)	A,B,C	-	-	-	-	Ensaio imediato
Cor e Turbidez	A, B	P,V	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4oC ± 2oC	48h
Oxigênio dissolvido (em campo)	A,B,C	-	-	-	-	Ensaio imediato
Nitrogênio Amoniacal Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Kjeldahl, Fósforo total	A,B,C	P,V	250mL	H2SO4 1+1 até pH<2 Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4oC ± 2oC	Nitrogênio – 7 dias Fósforo total 28 dias
Fósforo total Nitrogênio total	D	PP (500mL)	250g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4oC ± 2oC	6 meses
pH (em campo)	A,B,C,D	-	-	-	-	Ensaio imediato
Sólidos totais, Sólidos fixos, Sólidos voláteis	A,B,C	P,V	500mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4oC ± 2oC	7 dias
Sólidos Sedimentáveis	A,B,C	P,V	1,5 L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4oC ± 2oC	24h
Sulfeto	A,B,C	VDBO	300mL	Resfriamento (em gelo) (5)	Refrigeração a 4oC ± 2oC	7 dias

Quadro 4.1.7.3.2-1 - Parâmetros e forma de preservação das amostras.

4.1.7.3.3 Qualificação Físico-Química e Biológica das Águas Subterrâneas da Área de Influência Direta do Empreendimento.

As águas subterrâneas em Manaus apresentam um fluxo principal na direção NE-SW. Já os fluxos secundários mostram direções diversas, sendo originados principalmente pelo rebaixamento provocado pelos igarapés Quarenta, Mindu e Bolívia, associados à baixa *transmissividade* e a *exploração* elevada nas imediações dessas drenagens. Estas águas mostram-se pouco mineralizadas, com pH na faixa de 4,8 e uma condutividade elétrica em torno de 32,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SILVA, 2001). Esses dados refletem uma infiltração bastante rápida e um ambiente de circulação quimicamente pobre. As águas são dos tipos “sulfatada cloretada potássica” e “cloretada sódica”, de sorte que são consideradas potáveis, embora potencialmente pouco protegidas pela circunstância de residirem em aquífero livre.

Foi coletada uma amostra de águas subterrâneas na **ADA 1**. A amostra foi coletada no sítio do Sr. Tancredo, conforme Figura 4.1.7.3.5-3.

Os igarapés presentes na **ADA 1** apresentam vazões baixas com baixa capacidade de suporte de carga como receptor dos efluentes. São igarapés pequenos cujas águas na maioria das vezes são utilizadas em pequenos banhos e pequenos reservatórios para a criação de peixes com que não atingem nem mesmo 1 hectare por proprietário.

Nos efluentes a serem lançados pelo empreendimento, os mais poluentes mais significativos serão:

- Águas com elevados teores de turbidez a partir de substâncias coloidais presentes no caulim e argila;
- Possibilidade de carreamento de óleos e graxas devido ao maquinário para os corpos d'água;
- Águas com elevados teores de sólidos suspensos.

Não há grande preocupação quanto à emissão de águas com matéria orgânica solúvel ou não, nitrogênio e fósforo.

Entre os metais, a maior preocupação é com relação ao alumínio e ferro já presentes no solo natural.

Quanto à presença de substâncias orgânicas contaminantes como solventes e agrotóxicos é praticamente nula a possibilidade de emissão por este tipo de substâncias pelo empreendimento, como foi abordado no Item 1.16.1.3 - Efluentes Líquidos Oleosos, os efluentes oleosos que apresentem substâncias orgânicas oleosas derivadas de petróleo ou não.

4.1.7.3.4 Situação da Área Diretamente Afetada em Relação aos Corpos Receptores.

A situação da **ADA 1** com identificação de eventuais pontos de lançamento de efluentes industriais e domésticos, águas residuais após tratamento.

Não existem empreendimentos com lançamento de efluentes industriais e sanitários na **ADA 1**. A ocupação na área, conforme diagnóstico de uso de água. Existem pequenas criações de frango em regime solto e de suínos em pequena escala que podem provocar pequenas alterações na qualidade da água, visto que a vazão destes corpos receptores é pequena. Nas proximidades da Rodovia AM-10 se concentram os grandes criadores de frangos conforme abaixo, estas criações de frango vão desde o km 37.

As granjas com produção significativa no perímetro estudado estão descritas Quadro 4.1.7.3.4-1.

ORD	NOME PROPRIETÁRIO	ENDEREÇO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	Nº DE BICOS	Nº DE TRABALHADORES
01	Yoko Sakamoto	Rodovia AM-010, Km 37	S-02° 50' 37.2''	26.000 Postura Comercial 20.000 Codornas	01 Familiar; 08 Contratados
			W-059° 56' 46.4''		
02	Glória Maki Ito	Rodovia AM-010, Km 38, Ramal do Takai Ito (Dir)	S-02° 50' 18.1''	15.000 Postura Comercial	03 Familiar; 03 Contratados
			W- 059° 55' 57.4''		
03	Adivaldo Menezes da Silva	Rodovia AM-010, Km 38, Ramal do Takai Ito		1.020 Caipirão	02 Familiar; 01 Contratado
04	Alberto Shiglaki Sakamoto	Rodovia AM-010, Km 43		90.000 Postura Comercial	02 Familiar; 16 Contratados
05	Noboyuki Higashi	Rodovia AM-010, Km 39		6.000 Postura Comercial	02 Familiar; 04 Contratados
06	Milton Sakamoto	Rodovia AM-010, Km 41		33.000 Postura Comercial 18.000 Codorna	

Quadro 4.1.7.3.4-1 – Produção das Granjas.

Fonte: IDAM – Escritório Local, 2015.

Em relação aos usos das águas superficiais na área, são múltiplos e de micro escala os fins existentes: abastecimento urbano (praticamente usam poços rasos), agricultura (pequenas irrigações), recreação (uso de igarapés para banhos nos finais de semana), turismo (praticamente inexistente), pesca (inexistente), criação de espécies (cultivo de peixes em tanques escavados e não pesca direta), navegação (impraticável), mineração (inexistente).

Existem pequenos igarapés que podem ser utilizados na sua forma natural para a preservação da flora e da fauna.

4.1.7.3.5 Localização Geográfica de Fontes Potenciais Poluidoras, Indicações de suas Possíveis Cargas Contaminantes e Identificação de Áreas Críticas

Neste item serão apresentados a cadeia de custódia contendo as informações sobre as coletas das amostras, as imagens e a localização geográfica dos corpos d'água onde as amostras foram coletadas e as principais formas de uso destes além das potenciais fontes poluidoras, com e identificação de áreas críticas. Isto é, será apresentado mapas com a localização dos pontos de amostragem, contemplando a localização e caracterização de pontos de coleta utilizados **ADA 1**.

Quadro 4.1.7.3.5-1 - Cadeia de custódia – Coletas de amostras THT AMBIENTAL LTDA., coletadas em 01/11/2015.

Ident. Amostra	Tipo de Amostra	Hora da Coleta	Ponto de coleta da Amostra
Ponto 1	Água Igarapé Ramal Areal	08h40min	Ponto1 - Ponte Igarapé Leão 59.947- 2.80389
Ponto 2	Água Igarapé Ramal Areal	10h10min	Ponto 2 - Sítio Sr. Francisco 59.947 – 2.78704
Ponto 3	Água de Poço Ramal Areal	11h18min	Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo água de poço. 59,947-2.78795
Ponto 4	Água Igarapé da Ponte – Ramal União	12h37min	Ponto 4 - Ponte Igarapé Ramal União
Ponto 5	Água de Igarapé	13h05min	Sítio Sr. Otacilio à montante de Pequeno balneário
Ponto 6	Água de Igarapé	13h39min	Sítio Sr. Antônio Local onde tem Lago e roda d água

PONTOS DE COLETA	DATA DA COLETA	COORD.	PONTO 1 – COLETA DE ÁGUA
Ponto 1 Ig. Do Leão Ponte Areal	01-11-2015	LONG. -59,947 LAT. -2,38049	

Figura 4.1.7.3.5-1 – PONTO 1 - Coleta de Água.

Obs. Na imagem é possível observar áreas bastante degradadas, áreas com assoreamento e nas proximidades da rodovia é possível identificar as granjas á relacionadas e pontos onde já houve extração de areia.

PONTOS DE COLETA	DATA DA COLETA	COORD.	PONTO 2 – COLETA DE ÁGUA
Ponto 2 Sítio Sr. Fancisco (Água Proveniente De Igarapé Do Fundo Do Sítio)	01-11-2015	Long. -59,9547 Lat. -2,78704	

Figura 4.1.7.3.5-2 - Ponto 2 – Coleta de Água.

Obs. Na imagem é possível observar a plantação de hortaliças pelo sistema de casa de vegetação e plantio (no caso mamão) em pequena escala de irrigação no ramal do areal.

PONTOS DE COLETA	DATA DA COLETA	COORD.	PONTO 3 – COLETA DE ÁGUA
Ponto 3 Sítio Sr. Tancredo (Água de Poço)	01-11-2015	Long. -59,9547 Lat. -2,78795	<p>Poço na área do sítio do Sr. Tancredo – este poço é utilizado para abastecimento às residências do Sr. Tancredo e neste sítio são encontradas plantações diversas de frutíferas</p>

Figura 4.1.7.3.5-3 - Ponto 3 – Coleta de Água.

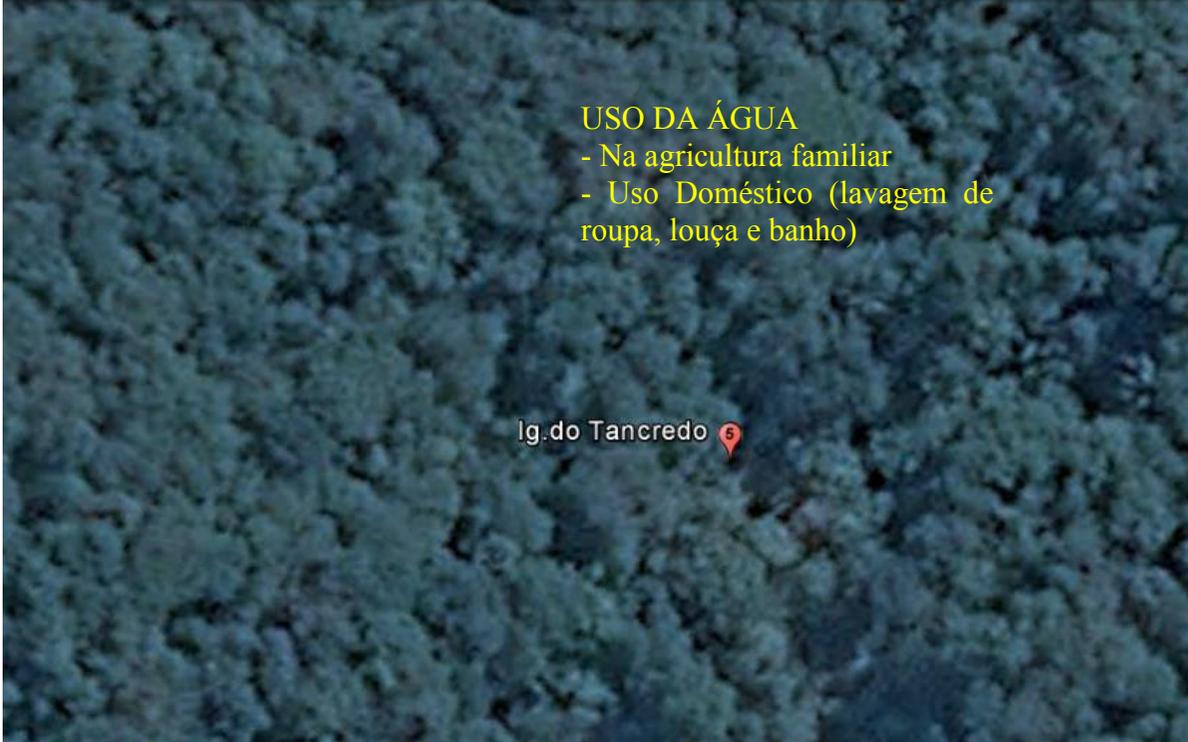
PONTOS DE COLETA	DATA DA COLETA	COORD.	PONTO 4 – COLETA DE ÁGUA
Ig. Do Tancredo (Local Que Abastece O Ponto 2)	01-11-2015	Long. -59,9574 Lat. -2,78695	 <p>USO DA ÁGUA - Na agricultura familiar - Uso Doméstico (lavagem de roupa, louça e banho)</p> <p>Ig.do Tancredo</p>
			<p>Obs: O igarapé fica no fundo sítio do Sr. Tancredo e abastece vários sítios. O ponto 2 de amostragem é relativo a este igarapé que fica os fundos do Sítio. No anexo são apresentadas imagens deste igarapé.</p>

Figura 4.1.7.3.5-4 - Igarapé do Tancredo.

PONTOS DE COLETA	DATA DA COLETA	COORD.	PONTO 5 – COLETA DE ÁGUA
Ponto 4 Ig. Da União (Ponte)	01-11-2015	Long. -59,9398 Lat. -2,78571	

Figura 4.1.7.3.5-5 - Ponto 5 – Coleta de Água.

Obs. Este igarapé já se encontra bastante assoreado. Neste local foram amostradas água, e realizados estudos de ictiofauna aquática.

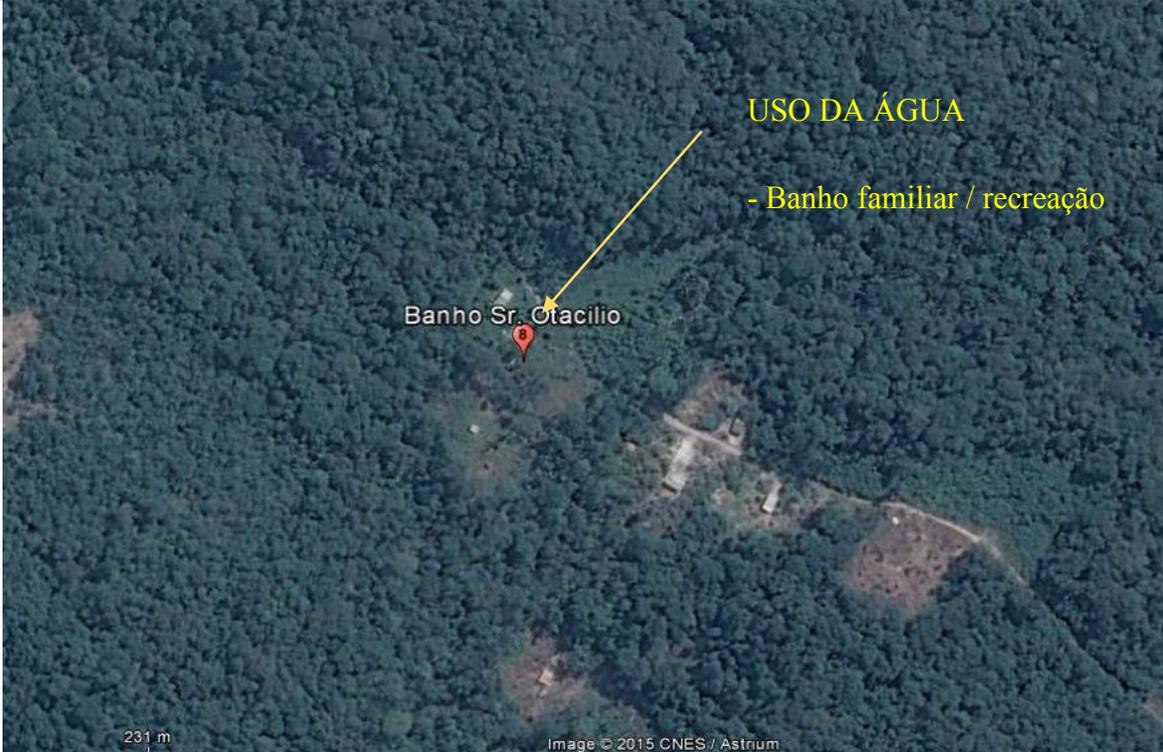
PONTOS DE COLETA	DATA DA COLETA	COORD.	PONTO 5 – COLETA DE ÁGUA
Ponto 5 Banho Sr. Otacilio	01-11-2015	Long. -59,9508 Lat. -2,77058	

Figura 4.1.7.3.5-6 - Ponto 5 – Coleta de Água.

Obs: Este igarapé também se encontra bastante assoreado.

PONTOS DE COLETA	DATA DA COLETA	COORD.	PONTO 6 – COLETA DE ÁGUA
Ponto 6	01-11-2015	Long. -59,9478 Lat. -2,7784	

Figura 4.1.7.3.5-7 - Ponto 6 – Coleta de Água.

Obs: Na região onde se encontra este igarapé observa-se a degradação ambiental com a ocorrência de áreas desmatadas com o solo bastante desnudo e também se encontra bastante assoreado.

4.1.7.3.6 Resultados das Análises das Amostras de Águas Superficiais e Subterrâneas Coletadas na ADA 1

Neste item também será apresentado o resultado das análises das amostras de águas para os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e para análises de metais.

Na sequência serão apresentados os resultados das análises das águas nos pontos de 1 a 6 amostrados para a ADA 1 e no ponto amostrado para a ADA 2. Serão apresentados os resultados os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e as análises de metais. Os valores dos parâmetros (Ponto 1,2,4,5,6) foram comparados com os valores indicados na Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe II. Os valores dos parâmetros para o ponto 3 (água de poço) foram comparados com os valores máximos permitidos na resolução CONAMA 396 conforme seu uso para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação.

4.1.7.3.7 Resultados – Parâmetros Físico-Químicos

Tabela 4.1.7.3.7-1 - Ponto 1 – Ponte Igarapé Leão – Parâmetros Físico-Químicos

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	11
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO 5 dias	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	0,03
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,30
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	5,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	3,59
pH	-	6,0 – 9,0	5,58
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente Ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	5,00
Sulfato	mg/L	250	1,24
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	4,67

VMP-Valor Máximo Permitido

Tabela 4.1.7.3.7-2 - Ponto 2 – Sítio Sr. Francisco– Parâmetros Físico-Químicos

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	15
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO 5 dias	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	<0,03
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,40
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	4,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	6,17
pH	-	6,0 – 9,0	5,47
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente Ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	11,00
Sulfato	mg/L	250	1,33
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	2,05

VMP-Valor Máximo Permitido

Tabela 4.1.7.3.7-3 - Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo – Parâmetros Físico-Químicos

Análises	Unid.	Consumo Humano	Dessedentação de Animais	Irrigação	Recreação	LQP	LQ	Resultado
Cor Verdadeira	CU	-	-	-	-	-	1	13
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO 5 dias	mg/L	-	-	-	-	-	1	<1
Nitrato	µg/L	10.000	90.000	-	10.000	300	300	<1
Nitrito	µg/L	1.000	10.000	1.000	1.000	20	13	<13
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	-	-	-	-	-	0,03	0,23
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	-	-	-	-	3	3
Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	-	-	-	-	0,1	5,27
pH	-	-	-	-	-	-	0-14	4,78
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	-	-	-	-	-	-	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	µg/L	1.000,00	-	-	-	2.00 0	2.00 0	8.000
Sulfato	µg/L	250.000	1.000,00	-	400.000	5.00 0	1.00 0	<1.000
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	-	-	-	-	-	0,00 04	<0,0004
Turbidez	NTU	300	-	5.000	300	100	10	0,75

VMP-Valor Máximo Permitido

LQP-Limite de Quantificação Praticável

LQ-Limite de Quantificação.

Tabela 4.1.7.3.7-4 - Ponto 4 – Ponte Igarapé – Parâmetros Físico-Químicos

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	5	<1
DBO 5 dias			
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	<0,03
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,07
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	4,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	4,65
pH	-	6,0 – 9,0	5,46
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente Ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	10,00
Sulfato	mg/L	250	1,00
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	2,71

VMP-Valor Máximo Permitido

Tabela 4.1.7.3.7-5 - Ponto 5 – Sr. Otacilio – À Montante De Pequeno Balneário– Parâmetros Físico-Químicos

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	13
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	5	<1
DBO 5 dias			
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	<0,05
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,09
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	5,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	6,51
pH	-	6,0 – 9,0	5,38
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente Ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	7,00
Sulfato	mg/L	250	1,88
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	12,8

VMP-Valor Máximo Permitido

Tabela 4.1.7.3.7-6 - Ponto 6 – Sítio Sr. ANTÔNIO Local Onde Tem Lago E Roda D'água. – Parâmetros Físico-Químicos

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	17
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO 5 dias	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	0,04
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,07
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	3,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	7,26
pH	-	6,0 – 9,0	5,52
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente Ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	11,00
Sulfato	mg/L	250	<1
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	7,72

VMP-Valor Máximo Permitido

As análises das amostras coletadas apresentaram situações típicas de águas na região de Manaus, isto é, águas levemente ácidas com baixo teor de oxigênio dissolvido.

Na sequência serão apresentados os resultados das concentrações de metais encontradas nas seis amostras de águas coletadas na **ADA 1**.

4.1.7.3.8 Resultados – Análise de Metais

Tabela 4.1.7.3.8-1 - Ponto 1 – Ponte Igarapé Leão / Análise De Metais

Parâmetros Metais	Unidades	LD	LQ	LM	Resultados
Alumínio	mgAL/L	0,02	0,06	-	<LQ
Bário	mgBA/L	0,0002	0,0005	-	0,0013
Boro Total - ICP	mgB/L	0,02	0,06	-	<LQ
Cádmio	mgCd/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Chumbo	mgPb/L	0,002	0,007	-	<LQ
Cobre	mgCu/L	0,0005	0,0015	-	<LQ
Cromo	mgCr/L	0,0002	0,0008	-	<LQ
Ferro Total	mgFe/L	0,009	0,028	-	0,728
Lítio	mgLi/L	0,002	0,006	-	<LQ
Manganês	mgMn/L	0,0002	0,0008	-	0,0042
Mercurio	mgHg/L	0,0001	0,0002	-	<LQ
Níquel Total	mgNi/L	0,0004	0,0014	-	<LQ
Zinco	mgZn/L	0,006	0,019	-	<LQ

LD-Limite de Detecção

LQ-Limite de Quantificação

LM-Limite Máximo

Tabela 4.1.7.3.8-2 - Ponto 2 – Sítio Sr. Francisco / Análise De Metais

Parâmetros Metais	Unidades	LD	LQ	LM	Resultados
Alumínio	mgAl/L	0,02	0,06	-	0,06
Bário	mgBa/L	0,0002	0,0005	-	0,0011
Boro Total - ICP	mgB/L	0,02	0,06	-	<LQ
Cádmio	mgCd/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Chumbo	mgPb/L	0,002	0,007	-	<LQ
Cobre	mgCu/L	0,0005	0,0015	-	<LQ
Cromo	mgCr/L	0,0002	0,0008	-	<LQ
Ferro Total	mgFe/L	0,009	0,028	-	0,154
Lítio	mgLi/L	0,002	0,006	-	<LQ
Manganês	mgMn/L	0,0002	0,0008	-	0,0022
Mercurio	mgHg/L	0,0001	0,0002	-	<LQ
Níquel Total	mgNi/L	0,0004	0,0014	-	<LQ
Zinco	mgZn/L	0,006	0,019	-	<LQ

LD-Limite de Detecção LQ-Limite de Quantificação LM-Limite Máximo

Tabela 4.1.7.3.8-3 - Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo Água De Poço / Análise De Metais

Parâmetros Metais	Unidades	LD	LQ	LM	Resultados
Alumínio	mgAl/L	0,02	0,06	-	<LQ
Bário	mgBa/L	0,0002	0,0005	-	0,0015
Boro Total - ICP	mgB/L	0,02	0,06	-	<LQ
Cádmio	mgCd/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Chumbo	mgPb/L	0,002	0,007	-	0,020
Cobre	mgCu/L	0,0005	0,0015	-	0,7050
Cromo	mgCr/L	0,0002	0,0008	-	<LQ
Ferro Total	mgFe/L	0,009	0,028	-	0,035
Lítio	mgLi/L	0,002	0,006	-	<LQ
Manganês	mgMn/L	0,0002	0,0008	-	0,0023
Mercurio	mgHg/L	0,0001	0,0002	-	<LQ
Níquel Total	mgNi/L	0,0004	0,0014	-	<LQ
Zinco	mgZn/L	0,006	0,019	-	0,314

LD-Limite de Detecção LQ-Limite de Quantificação LM-Limite Máximo

Tabela 4.1.7.3.8-4 - Ponto 4 – Ponte Igarapé Ramal União / Análise De Metais

Parâmetros Metais	Unidades	LD	LQ	LM	Resultados
Alumínio	mgAl/L	0,02	0,06	-	0,06
Bário	mgBa/L	0,0002	0,0005	-	0,0028
Boro Total - ICP	mgB/L	0,02	0,06	-	<LQ
Cádmio	mgCd/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Chumbo	mgPb/L	0,002	0,007	-	<LQ
Cobre	mgCu/L	0,0005	0,0015	-	<LQ
Cromo	mgCr/L	0,0002	0,0008	-	<LQ
Ferro Total	mgFe/L	0,009	0,028	-	0,219
Lítio	mgLi/L	0,002	0,006	-	<LQ
Manganês	mgMn/L	0,0002	0,0008	-	0,0020
Mercurio	mgHg/L	0,0001	0,0002	-	<LQ
Níquel Total	mgNi/L	0,0004	0,0014	-	<LQ
Zinco	mgZn/L	0,006	0,019	-	<LQ

LD-Limite de Detecção LQ-Limite de Quantificação LM-Limite Máximo

Tabela 4.1.7.3.8-5 - Ponto 5 – Sítio do Sr. Otacílio a Montante de Peq Balneário / Análise de Metais

Parâmetros Metais	Unidades	LD	LQ	LM	Resultados
Alumínio	mgAl/L	0,02	0,06	-	0,23
Bário	mgBa/L	0,0002	0,0005	-	0,0066
Boro Total - ICP	mgB/L	0,02	0,06	-	<LQ
Cádmio	mgCd/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Chumbo	mgPb/L	0,002	0,007	-	<LQ
Cobre	mgCu/L	0,0005	0,0015	-	<LQ
Cromo	mgCr/L	0,0002	0,0008	-	<LQ
Ferro Total	mgFe/L	0,009	0,028	-	0,255
Lítio	mgLi/L	0,002	0,006	-	<LQ
Manganês	mgMn/L	0,0002	0,0008	-	0,0017
Mercúrio	mgHg/L	0,0001	0,0002	-	<LQ
Níquel Total	mgNi/L	0,0004	0,0014	-	<LQ
Zinco	mgZn/L	0,006	0,019	-	<LQ

LD-Limite de Detecção

LQ-Limite de Quantificação

LM-Limite Máximo

Tabela 4.1.7.3.8-6 - Ponto 6 – Sítio Do Sr. Antônio Local onde tem Lago e Roda D'água / Análise de Metais

Parâmetros Metais	Unidades	LD	LQ	LM	Resultados
Alumínio	mgAl/L	0,02	0,06	-	0,07
Bário	mgBa/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Boro Total - ICP	mgB/L	0,02	0,06	-	<LQ
Cádmio	mgCd/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Chumbo	mgPb/L	0,002	0,007	-	<LQ
Cobre	mgCu/L	0,0005	0,0015	-	<LQ
Cromo	mgCr/L	0,0002	0,0008	-	<LQ
Ferro Total	mgFe/L	0,009	0,028	-	0,135
Lítio	mgLi/L	0,002	0,006	-	<LQ
Manganês	mgMn/L	0,0002	0,0008	-	0,0013
Mercúrio	mgHg/L	0,0001	0,0002	-	<LQ
Níquel Total	mgNi/L	0,0004	0,0014	-	<LQ
Zinco	mgZn/L	0,006	0,019	-	<LQ

LD-Limite de Detecção

LQ-Limite de Quantificação

LM-Limite Máximo

As análises das amostras coletadas apresentaram situações típicas de águas na região de Manaus, isto é, águas levemente ácidas com baixo teor de oxigênio dissolvido.

Não foram encontrados valores significativos de metais nas amostras analisadas.

4.1.7.3.9 Resultados – Parâmetros Microbiológicos

Tabela 4.1.7.3.9-1 - Ponto 1 – Ponte Igarapé Leão

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	500
VMP-Valor Máximo Permitido	NMP-Número Mais Provável		

Tabela 4.1.7.3.9-2 - Ponto 2 – Sítio Sr. Francisco

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	500
VMP-Valor Máximo Permitido	NMP-Número Mais Provável		

Tabela 4.1.7.3.9-3 - Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo

Análises	Unidade	Consumo Humano	Dessedentação de Animais	Irrigação	Recreação	LQP	LQ	Resultados
Coliformes Termotolerantes	Pres/Aus	Ausência em 100 mL	200/100 mL	-	1000/100 mL	-	-	Presença
VMP-Valor Máximo Permitido	NMP-Número Mais Provável							

Tabela 4.1.7.3.9-4 - Ponto 4 – Ponte Igarapé

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	220
VMP-Valor Máximo Permitido	NMP-Número Mais Provável		

Tabela 4.1.7.3.9-5 - Ponto 5 – Sítio Sr. Otacílio – A Montante De Peq. Balneário

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	220
VMP-Valor Máximo Permitido	NMP-Número Mais Provável		

Tabela 4.1.7.3.9-6 - Ponto 6 – Sítio Sr. Antônio – Local Onde Tem Lago E Roda D'água

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	80

Em todas as amostras foram encontrados valores significativos de Coliformes Termotolerantes, porém abaixo do estabelecido na Conama 357/05-art. 15.

4.1.7.3.10 Identificação de Pontos de Assoreamento nas Áreas de Influência;

Dentro da ADA se encontram vários pontos de igarapés assoreados.

Ig. Assoreado	01-11- 2015	LONG. -59,9396 LAT. -2,78037	 <p>USO DA ÁGUA Sem uso definido, não oferece condições de uso específico</p> <p>Ig. Assoreado</p>
------------------	----------------	---------------------------------------	--

Figura 4.1.7.3.10-1 - Trecho de igarapé assoreado na região a ADA 1.



Foto 4.1.7.3.10-1 - Fotografias de igarapé assoreado na região a **ADA 1**.



Foto 4.1.7.3.10-2 - Fotografias de igarapé assoreado na região a **ADA 1**.



Foto 4.1.7.3.10-3 – Assoreamento no igarapé do Leão (ADA 1).



Foto 4.1.7.3.10-4 – Assoreamento no Igarapé 1 cruzando o ramal da União (ADA 1).



Foto 4.1.7.3.10-5 – Assoreamento no Igarapé 2 cruzando o ramal da União (ADA 1).

4.1.7.3.11 Resultados das Análises da Água Coletada da ADA 2

Tabela 4.1.7.3.11-1 – Coletas de Amostras THT Ambiental Ltda. Coletadas em 12/11/2015

Ident. Amostra	Tipo de Amostra	Hora da Coleta	Ponto de coleta da Amostra	Informações adicionais observadas próximas ao local de coleta da amostra
Kit 1	Água Igarapé Área 2	10:30h	Ponto1 - 2,3516,150S 59,57,13,780 W	Águas límpidas e claras, sem coloração ou turbidez.

Tabela 4.1.7.3.11-2 - Resultados – Área 2 Ponto 1 – Igarapé ADA 2 – Parâmetros Físico-Químicos

Análises	Unidade	Conama 357/05-art. 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	3
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO 5 dias	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nítrito	mg/L	1	0,02
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,14
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	1,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	4,69
pH	-	6,0 – 9,0	5,68
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente Ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	5,00
Sulfato	mg/L	250	1,24
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	1,67

VMP-Valor Máximo Permitido

Tabela 4.1.7.3.11-3 - Ponto 1 – Igarapé Ada 2 / Análise De Metais

Parâmetros Metais	Unidades	LD	LQ	LM	Resultados
Alumínio	mgAL/L	0,02	0,06	-	0,10
Bario	mgBA/L	0,0002	0,0005	-	<LQ
Boro Total - ICP	mgB/L	0,02	0,06	-	<LQ
Cádmio	mgCd/L	0,0002	0,0005	-	0,0005
Chumbo	mgPb/L	0,002	0,007	-	<LQ
Cobre	mgCu/L	0,0005	0,0015	-	<LQ
Cromo	mgCr/L	0,0002	0,0008	-	<LQ
Ferro Total	mgFe/L	0,009	0,028	-	0,031
Lítio	mgLi/L	0,002	0,006	-	<LQ
Manganês	mgMn/L	0,0002	0,0008	-	0,0013
Mercúrio	mgHg/L	0,0001	0,0002	-	<LQ
Níquel Total	mgNi/L	0,0004	0,0014	-	<LQ
Zinco	mgZn/L	0,006	0,019	-	<LQ

LD-Limite de Detecção

LQ-Limite de Quantificação

LM-Limite Máximo

A água do igarapé amostrado na ADA 2 é característica de água de nascente, com a cor e turbidez baixas.

4.1.7.3.12 Influência de Atividades Agrícolas e dos Aglomerados Urbanos nas Características da Água.

Na referida área de estudo não é possível determinar a disponibilidade hídrica pois não é possível obter informações de séries históricas do regime fluviométrico das duas microbacias avaliadas, pois são necessários dados seriais de mais de dez anos.

O consumo doméstico de água pelas populações humanas da região é muito pequeno quando comparado com o volume de água existente na área de estudo. Em relação aos usos das águas superficiais na área, são múltiplos e de micro escala os fins existentes: abastecimento urbano (praticamente usam poços rasos), agricultura (pequenas irrigações), recreação (uso de igarapés para banhos nos finais de semana), turismo (praticamente inexistente), pesca (inexistente), criação de espécies (cultivo de peixes em tanques escavados e não pesca direta), navegação (impraticável), mineração (inexistente).

Existem pequenos igarapés que podem ser utilizados na sua forma natural para a preservação da flora e da fauna.

4.1.7.3.13 Fotos dos Locais Onde Foram Feitas Coletas da ADA 1 e ADA 2.

ADA 1

PONTO 1 –
Igarapé do Leão



PONTO 1 - Igarapé Leão



PONTO 1 - Igarapé Leão



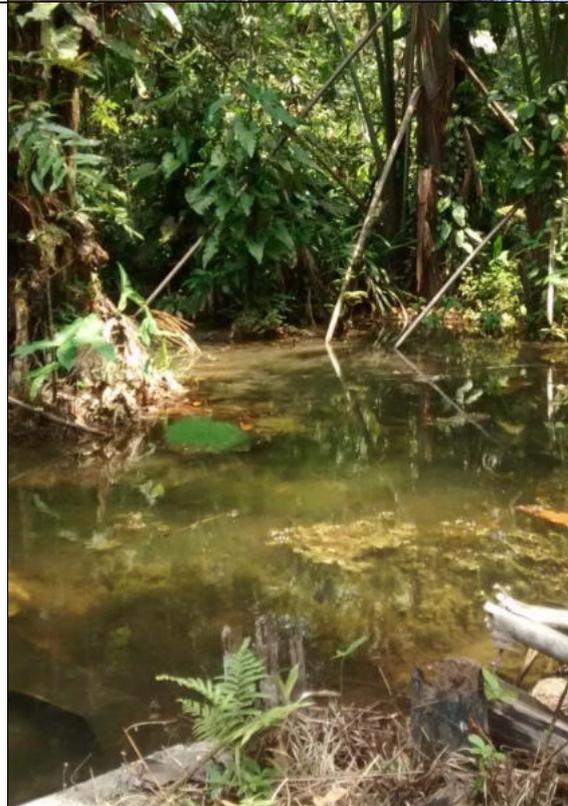
PONTO 1 - Igarapé Leão



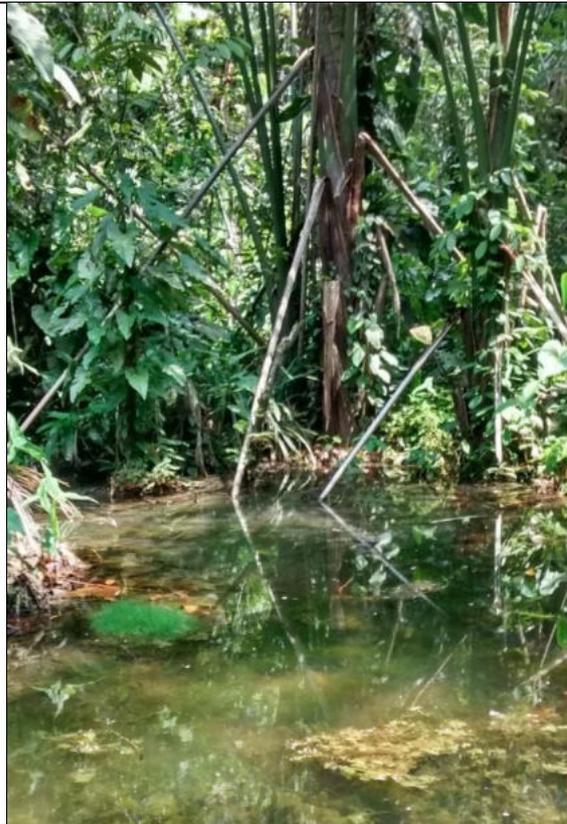
PONTO 1 – Ponte Leão à Montante



PONTO 2 - Igarapé do Tancredo



PONTO 2 - Igarapé do Tancredo



PONTO 2 - Igarapé do Tancredo



PONTO 3 - Poço



PONTO 3 - Poço



PONTO 4 – Igarapé Ramal da União



PONTO 4 – Igarapé Ramal da União



PONTO 4 – Igarapé Ramal da União



PONTO Balneário SÍTIO DO Sr.
OTACÍLIO5 –



PONTO 5 - Igarapé do SÍTIO DO Sr.
OTACÍLIO



PONTO 5 - sítio do Sr. Otacílio a Montante
de peq balneário



E. Coli



PONTO 6 – Igarapé da Roda D'água



PONTO 6 – Igarapé - Açude Baixada



PONTO 6 – Açude



PONTO 6 – Açude



ADA 2



Foto 4.1.7.3.13-1 – Região de nascente do igarapé de 1ª ordem da ADA 2.



Foto 4.1.7.3.13-2 – Igarapé de 1ª ordem da ADA 2

4.1.7.3.14 Relatório de Análise de Água

ECOLABOR COMERCIAL CONSULTORIA E ANÁLISES LTDA.
Rua Dr. César Castellani Jr. 503 - Casa Verde
CEP 02515-000 - São Paulo - SP - Brasil
1.50 11 3059 5111 - www.ecolabor.com.br



RELATÓRIO DE ENSAIO N° 17850/2015 Rev 0

Contratante: THT AMBIENTAL LTDA - ME

Endereço: CONJ. ELIZA MIRANDA, RUA 4 -BLOCO C, 304 - PRIMEIRA ETAPA

Cidade: MANAUS

UF: AM

Matriz: Água

Projeto: --

Data de emissão do relatório: 25/11/2015

Relação de Amostras

OS	Número da amostra	Entrada
266472	968916	06/11/2015 15:41:00
266472	968917	06/11/2015 15:41:00
266472	968912	06/11/2015 15:41:00
266472	968913	06/11/2015 15:41:00
266472	968914	06/11/2015 15:41:00
266472	968915	06/11/2015 15:41:00

DADOS DE COLETA Identificação Ecolabor: 866912

Coletado por: Interessado Local / Identificação: Ponto1 - Ponte Igarapé Leão - 59.947-2.80389

Data: 06/11/2015

Condições Hora (h): 08:40 T ar (°C): — T amostra(°C): —
 Cloro Total (mg Cl₂/L): — Cloro Livre (mg Cl₂/L): — pH —

RESULTADOS

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	LQ	LM	RESULTADOS
Metais					
Alumínio	mg/L	0,02	0,06	--	<LQ
Bário	mg Ba/L	0,0002	0,0006	--	0,0013
Boro Total - ICP	mg B/L	0,02	0,06	--	<LQ
Cádmio	mg Cd/L	0,0002	0,0006	--	<LQ
Chumbo	mg Pb/L	0,002	0,007	--	<LQ
Cobre	mg Cu/L	0,0006	0,0018	--	<LQ
Cromo	mg Cr/L	0,0002	0,0006	--	<LQ
Ferro Total	mg Fe/L	0,026	0,078	--	0,728
Lítio	mg Li/L	0,002	0,006	--	<LQ
Manganês	mg Mn/L	0,0002	0,0006	--	0,0042
Mercurio	mg Hg/L	0,0001	0,0002	--	<LQ
Níquel Total	mg Ni/L	0,0004	0,0012	--	<LQ
Zinco	mg Zn/L	0,006	0,018	--	<LQ

Legenda LD Limite de detecção LQ Limite de quantificação LM Limite máximo

Obs.:

- Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
- Dados de coleta fornecidos pelo interessado.
- O Plano de amostragem é de responsabilidade do interessado.
- Os resultados encontrados referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) enviada(s) pelo interessado.

REFERÊNCIAS

Alumínio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Bário	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Boro Total - ICP	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cádmio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Chumbo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cobre	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cromo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Ferro Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Lítio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Manganês	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Mercurio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3112B	IT-LAB-001 V.0
Níquel Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Zinco	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2

DADOS DE COLETA Identificação Ecolabor: 866913

Coletado por: Interessado Local / Identificação: Ponto 2 - Sítio Sr. Francisco 59.947 - 2.78704

Data: 06/11/2015

Condições Hora (h): 10:10 T ar (°C): — T amostra(°C): —
 Cloro Total (mg Cl₂/L): — Cloro Livre (mg Cl₂/L): — pH —

RESULTADOS

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	LQ	LM	RESULTADOS
Metais					
Alumínio	mg/L	0,02	0,06	---	0,06
Bário	mg Ba/L	0,0002	0,0005	---	0,0011
Boro Total - ICP	mg B/L	0,02	0,06	---	<LQ
Cádmio	mg Cd/L	0,0002	0,0005	---	<LQ
Chumbo	mg Pb/L	0,002	0,007	---	<LQ
Cobre	mg Cu/L	0,0005	0,0015	---	<LQ
Cromo	mg Cr/L	0,0002	0,0005	---	<LQ
Ferro Total	mg Fe/L	0,005	0,025	---	0,154
Lítio	mg Li/L	0,002	0,005	---	<LQ
Manganês	mg Mn/L	0,0002	0,0005	---	0,0022
Mercurio	mg Hg/L	0,0001	0,0002	---	<LQ
Níquel Total	mg Ni/L	0,0004	0,0014	---	<LQ
Zinco	mg Zn/L	0,005	0,015	---	<LQ

Legenda LD Limite de detecção LQ Limite de quantificação LM Limite máximo

- Obs.:**
- Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
 - Dados de coleta fornecidos pelo interessado.
 - O Plano de amostragem é de responsabilidade do interessado.
 - Os resultados encontrados referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) enviada(s) pelo interessado.

REFERÊNCIAS

Alumínio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Bário	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Boro Total - ICP	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cádmio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Chumbo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cobre	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cromo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Ferro Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Lítio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Manganês	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Mercurio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3112B	IT-LAB-001 V.0
Níquel Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Zinco	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB-007 V.2

DADOS DE COLETA Identificação Ecolabor: 866914

Coletado por: Interessado Local / Identificação: Ponto 3 – Sítio Sr. Tancredo água de poço. 89,947-2.78795

Data: 06/11/2015

Condições Hora (h): 11:18 Tar (°C): — T amostra(°C): —
 Cloro Total (mg Cl₂ /L): — Cloro Livre (mg Cl₂ /L): — pH —

RESULTADOS

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	LQ	LM	RESULTADOS
Metais					
Alumínio	mg/L	0,02	0,06	—	<LQ
Bário	mg Ba/L	0,0002	0,0005	—	0,0015
Boro Total - ICP	mg B/L	0,02	0,06	—	<LQ
Cádmio	mg Cd/L	0,0002	0,0005	—	<LQ
Chumbo	mg Pb/L	0,002	0,007	—	0,000
Cobre	mg Cu/L	0,0005	0,0015	—	0,0050
Cromo	mg Cr/L	0,0002	0,0005	—	<LQ
Ferro Total	mg Fe/L	0,005	0,025	—	0,005
Lítio	mg Li/L	0,002	0,005	—	<LQ
Manganês	mg Mn/L	0,0002	0,0005	—	0,0023
Mercurio	mg Hg/L	0,0001	0,0002	—	<LQ
Níquel Total	mg Ni/L	0,0004	0,0014	—	<LQ
Zinco	mg Zn/L	0,005	0,015	—	0,314

Legenda LD Limite de detecção LQ Limite de quantificação LM Limite máximo

Obs.: - Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
 - Dados de coleta fornecidos pelo interessado.
 - O Plano de amostragem é de responsabilidade do interessado.
 - Os resultados encontrados referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) enviada(s) pelo interessado.

REFERÊNCIAS

Alumínio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Bário	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Boro Total - ICP	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Cádmio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Chumbo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Cobre	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Cromo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Ferro Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Lítio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Manganês	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Mercurio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 31125	IT-LAB-001 V.0
Níquel Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2
Zinco	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F # 31205	IT-LAB-007 V.2

DADOS DE COLETA Identificação Ecolabor: 866915

Coletado por: Interessado

Local / Identificação: Ponto 4 - Ponte Igarapé Ramal União

Data: 06/11/2015

Condições Hora (h): 12:37

Temperatura (°C): —

Temperatura amostra (°C): —

Cloro Total (mg Cl₂/L): —

Cloro Livre (mg Cl₂/L): —

pH: —

RESULTADOS

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	LQ	LM	RESULTADOS
Metais					
Alumínio	mg/L	0,02	0,05	—	0,05
Bário	mg Ba/L	0,0002	0,0005	—	0,0005
Boro Total - ICP	mg B/L	0,02	0,05	—	<LQ
Cádmio	mg Cd/L	0,0002	0,0005	—	<LQ
Chumbo	mg Pb/L	0,001	0,002	—	<LQ
Cobre	mg Cu/L	0,005	0,015	—	<LQ
Cromo	mg Cr/L	0,0002	0,0005	—	<LQ
Ferro Total	mg Fe/L	0,025	0,025	—	0,219
Lítio	mg Li/L	0,002	0,005	—	<LQ
Manganês	mg Mn/L	0,002	0,005	—	0,000
Mercurio	mg Hg/L	0,0001	0,0002	—	<LQ
Níquel Total	mg Ni/L	0,0004	0,0014	—	<LQ
Zinco	mg Zn/L	0,005	0,015	—	<LQ

Legenda LD Limite de detecção LQ Limite de quantificação LM Limite máximo

- Obs.:**
- Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
 - Dados de coleta fornecidos pelo interessado.
 - O Plano de amostragem é de responsabilidade do interessado.
 - Os resultados encontrados referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) enviada(s) pelo interessado.

REFERÊNCIAS

Alumínio	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Bário	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Boro Total - ICP	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cádmio	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Chumbo	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cobre	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cromo	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Ferro Total	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Lítio	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Manganês	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Mercurio	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3112B	IT-LAB-008 V.0
Níquel Total	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Zinco	SMDWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2

DADOS DE COLETA Identificação Ecolabor: 866917

Coletado por: Interessado

Local / Identificação: Sítio Sr. Antônio Local onde tem Lago e roda d'água

Data: 06/11/2015

Condições Hora (h): 13:38

T ar (°C): --

T amostra(°C): --

Cloro Total (mg Cl₂ /L): --

Cloro Livre (mg Cl₂ /L): --

pH --

RESULTADOS

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	LQ	LM	RESULTADOS
Metais					
Alumínio	mg/L	0,02	0,06	--	0,07
Bário	mg Ba/L	0,0002	0,0005	--	<LQ
Boro Total - ICP	mg B/L	0,02	0,06	--	<LQ
Cádmio	mg Cd/L	0,0002	0,0005	--	<LQ
Chumbo	mg Pb/L	0,002	0,007	--	<LQ
Cobre	mg Cu/L	0,0005	0,0015	--	<LQ
Cromo	mg Cr/L	0,0002	0,0005	--	<LQ
Ferro Total	mg Fe/L	0,009	0,028	--	0,135
Lítio	mg Li/L	0,002	0,005	--	<LQ
Manganês	mg Mn/L	0,0002	0,0005	--	0,0013
Mercurio	mg Hg/L	0,0001	0,0002	--	<LQ
Níquel Total	mg Ni/L	0,0004	0,0014	--	<LQ
Zinco	mg Zn/L	0,005	0,015	--	<LQ

Legenda LD Limite de detecção LQ Limite de quantificação LM Limite máximo

- Obs.:**
- Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
 - Dados de coleta fornecidos pelo interessado.
 - O Plano de amostragem é de responsabilidade do interessado.
 - Os resultados encontrados referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) enviada(s) pelo interessado.

REFERÊNCIAS

Alumínio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Bário	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Boro Total - ICP	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cádmio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Chumbo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cobre	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Cromo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Ferro Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Lítio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Manganês	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Mercurio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3112B	IT-LAB-001 V.0
Níquel Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2
Zinco	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3000F e 3120B	IT-LAB-007 V.2

ECOLABOR COMERCIAL CONSULTORIA E ANÁLISES LTDA.
Rua Tv. César Castiglioni, s. 509 - Casa Verde
CEP 02515-000 - São Paulo - SP - Brasil
155 11.3959 9111 - www.ecolabor.com.br



- Registro Conselho Regional de Química - 4ª Região - 9090 - F
- Certificado de Anotação de Responsabilidade - ART - Nº 5869/2015, 5870/2015, 5871/2015, 5872/2015, 5873/2015


Sandra Maria Farsina - Signatário Autorizado
CRQ 4ª Reg. nº 004299407

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido integralmente, e reprodução em partes deve se dar somente com autorização prévia por escrito da Ecolabor.

Para obter cópia dos certificados de calibração dos equipamentos, acesse nosso site www.ecolabor.com.br. Os certificados estão disponíveis para download na área de arquivos restritos. Utilize o login "cliente@ecolabor.com.br" e senha "du1ma4".

Este documento foi assinado digitalmente de acordo com a MP nº 2.200-2, que instituiu a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira - ICP-Brasil, conferindo presunção de veracidade jurídica em relação aos signatários nas declarações constantes dos documentos em forma eletrônica produzidos com a utilização de processo de certificação disponibilizado pela ICP-Brasil.

ÁREA 2 RELATÓRIO ECOLABOR

ECOLABOR CONSULTORIA COMERCIAL E ANÁLISES LTDA.
Rua Dr. César Collares Jr, 560 - Casa Verde
CEP 02015-000 - São Paulo - SP - Brasil
T. 55 11 3050 5111 - www.ecolabor.com.br



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 18663/2015 Rev 0

Contratante: THT AMBIENTAL LTDA - ME

Endereço: CONJ. ELIZA MIRANDA, RUA 4 -BLOCO C, 304 - PRIMEIRA ETAPA

Cidade: MANAUS

UF: AM

Matriz: Água

Projeto: --

Data de emissão do relatório: 17/12/2015

Relação de Amostras

OS	Número da amostra	Entrada
267041	82944	25/11/2015 09:00:00

DADOS DE COLETA Identificação Ecolabor: 869444

Coletado por: Interessado Local / Identificação: Pontal - Água Igarapé Área 2 - Kalamazon

Data: 12/11/2015

Condições Hora (h): 08:40 T ar (°C): --- T amostra(°C): ---
 Cloro Total (mg Cl₂/L): --- Cloro Livre (mg Cl₂/L): --- pH: ---

RESULTADOS

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	LQ	LM	RESULTADOS
Metais					
Alumínio	mg/L	0,02	0,05	---	0,10
Bário	mg Ba/L	0,0002	0,0005	---	<LQ
Boro Total - ICP	mg B/L	0,02	0,05	---	<LQ
Cádmio	mg Cd/L	0,0002	0,0005	---	0,0008
Chumbo	mg Pb/L	0,002	0,007	---	<LQ
Cobre	mg Cu/L	0,0005	0,0015	---	<LQ
Cromo	mg Cr/L	0,0002	0,0005	---	<LQ
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,020	0,020	---	0,021
Lítio	mg Li/L	0,002	0,005	---	<LQ
Manganês	mg Mn/L	0,0002	0,0005	---	0,0013
Mercurio	mg Hg/L	0,0001	0,0002	---	<LQ
Níquel Total	mg Ni/L	0,0004	0,0014	---	<LQ
Zinco	mg Zn/L	0,005	0,015	---	<LQ

Legenda LD Limite de detecção LQ Limite de quantificação LM Limite máximo

Obs.: - Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.
 - O Plano de amostragem é de responsabilidade do interessado.
 - Os resultados encontrados referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) enviada(s) pelo interessado.

REFERÊNCIAS

Alumínio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Bário	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Boro Total - ICP	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Cádmio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Chumbo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Cobre	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Cromo	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Ferro Dissolvido	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Lítio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Manganês	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Mercurio	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3112B	IT-LAB1-001 V.0
Níquel Total	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2
Zinco	SMEWW 22ª Ed. - Método(s): 3030F e 3120B	IT-LAB1-007 V.2

ECOLABOR COMERCIAL CONSULTORIA E ANÁLISES LTDA.
Rua Dr. César Castiglioni Jr. 989 - Casa Verde
CEP 02515-000 - São Paulo - SP - Brasil
11 3059 5111 - www.ecolabor.com.br



- Registro Conselho Regional de Química - 4º Região - 9990 - F
- Certificado de Anotação de Responsabilidade - ART - Nº 26692015, 59790015, 59710015, 59730015, 59730015.

Adalberto A. Bellini - Signatário Autorizado
CRQ 4º Reg. nº 04231433

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido integralmente, a reprodução em partes deve se dar somente com autorização prévia por escrito da Ecolabor.

Para obter cópia dos certificados de calibração dos equipamentos, acesse nosso site www.ecolabor.com.br. Os certificados estão disponíveis para download na área de arquivos restritos. Utilize o login "cliente@ecolabor.com.br" e senha "Gulma#".

Este documento foi assinado digitalmente de acordo com a MP nº 2.200-2, que instituiu a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira - ICP-Brasil, conferindo presunção de veracidade jurídica em relação aos signatários nas declarações constantes dos documentos em forma eletrônica produzidos com a utilização de processo de certificação disponibilizado pela ICP-Brasil.

ANEXO 3 – RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ÁGUAS – CQ LAB

 **CQLAB**
Consultoria & Controle de Qualidade

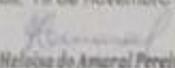
Av. Rodrigo Otávio, 1.910 - CIDE | Cuiabá
CEP: 69.073-377 Manaus Am | Brasil
Tel: (55 92) 3216-3878 | Fax: 3237-8592
e-mail: cqlab@cqlab.com.br

4. Abreviação
Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
Todas as medições foram realizadas com instrumentos calibrados e rastreados no Sistema Internacional
Incerteza expandida(2), a baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (K=2).

5. Plano de Amostragem
Plano de Amostragem de responsabilidade do interessado.

7. Interpretação dos resultados
Comparando-se os resultados obtidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 -Artigo 15, podemos observar que o parâmetro analisado pH não satisfaz o limite permitido.

Manaus, 19 de novembro de 2015.


Helisa de Amaral Pereira
Engenheira Química
CREA -AM 041256307-3

 **CQLAB**
Desde 2007
o tempo passa,
a qualidade e a ética permanecem.

www.cqlab.com.br

Página 2 de 2/R.E. 5.705/15

Relatório de Ensaio

 Cliente: THT AMBIENTAL LTDA Relatório n°: 5.799/15

 Data da Coleta das Amostras: 01/11/2015 Data/Hora do recebimento das amostras no laboratório: 01/11/2015 - 14:30 hs

 Data do início das análises: 01/11/2015 Data do término das análises: 12/11/2015 Hora da coleta: 13:39

 Produto: CORPO HÍDRICO Procedência: SÍTIO Sr. ANTÔNIO - LOCAL ONDE TEM LAGO E RODA D'ÁGUA - 59.9478 - 2.7784
1- Ensaio Microbiológicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	80

VMP-Valor Máximo Permitido NMP-Número Mais Provável

2- Ensaio Físicos e químicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	17
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO ₅ dias	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	0,04
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,07
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	3,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	7,26
pH	-	6,0 - 9,0	5,52
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	11,00
Sulfato	mg/L	250	<1
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	7,72

VMP -Valor Máximo Permitido

3- Metodologia

Segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 st. ed. American Public Health Association (APHA), 2012.

4- Parâmetros legais

Resolução CONAMA n° 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15 - (Padrão de água Classe 2)

5- Abrangência

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
Todas as medições foram realizadas com instrumentos calibrados e rastreados no Sistema Internacional.
Incerteza expandida(U), é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (K=2).

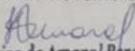
6- Plano de Amostragem

Plano de Amostragem de responsabilidade do interessado.

7- Interpretação dos resultados

Comparando-se os resultados obtidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 -Artigo 15, podemos observar que o parâmetro analisado pH não satisfaz o limite permitido.

Manaus, 19 de novembro de 2015.


Heloisa do Amaral Pereira
Engenheira Química
CREA - AM 041356307-3

Relatório de Ensaio

Cliente: THT AMBIENTAL LTDA. Relatório nº: 5.798/15

Data da Coleta das Amostras: 01/11/2015 Data/Hora do recebimento das amostras no laboratório: 01/11/2015 - 14:30 hs

Data do início das análises: 01/11/2015 Data do término das análises: 12/11/2015 Hora da coleta: 13:05

Produto: CORPO HÍDRICO Procedência: SÍTIO Sr. OTACILIO - A MONTANTE DE PEQUENO BALNEÁRIO - 59.9508 - 2.77058

1- Ensaio Microbiológicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	220

VMP-Valor Máximo Permitido NMP-Número Mais Provável

2- Ensaio Físicos e químicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	13
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO _{5dias}	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	0,05
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,09
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	5,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	6,51
pH	-	6,0 - 9,0	5,38
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	7,00
Sulfato	mg/L	250	1,88
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	12,8

VMP -Valor Máximo Permitido

3- Metodologia

Segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 st. ed. American Public Health Association (APHA), 2012.

4- Parâmetros legais

Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15 - (Padrão de água Classe 2)

5- Abrangência

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
Todas as medições foram realizadas com instrumentos calibrados e rastreados no Sistema Internacional.
Incerteza expandida(U), é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (K=2).

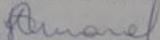
6- Plano de Amostragem

Plano de Amostragem de responsabilidade do interessado.

7- Interpretação dos resultados

Comparando-se os resultados obtidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 -Artigo 15, podemos observar que o parâmetro analisado Oxigênio Dissolvido não satisfaz o limite permitido.

Manaus, 19 de novembro de 2015.


Heloisa do Amaral Pereira
Engenheira Química
CREA - AM 041356307-3

Relatório de Ensaio

 Cliente: THT AMBIENTAL LTDA Relatório n° 5.797/15

 Data da Coleta das Amostras: 01/11/2015 Data/Hora do recebimento das amostras no laboratório: 01/11/2015 - 14:30 hs

 Data do início das análises: 01/11/2015 Data do término das análises: 12/11/2015 Hora da coleta: 12:37

 Produto: CORPO HÍDRICO Procedência: PONTO 4 - PONTE IGARAPÉ - 59.9398 - 2.78571 RAMAL UNIÃO
1- Ensaio Microbiológicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	220

VMP-Valor Máximo Permitido NMP-Numero Mais Provável

2- Ensaio Físicos e químicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	12
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO _{5dias}	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	<0,03
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,07
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	4,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	4,65
pH	-	6,0 - 9,0	5,46
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	10,00
Sulfato	mg/L	250	1,00
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	2,71

VMP - Valor Máximo Permitido

3- Metodologia

Segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 st. ed. American Public Health Association (APHA), 2012.

4- Parâmetros legais

Resolução CONAMA n° 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15 - (Padrão de água Classe 2)

5- Abrangência

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
Todas as medições foram realizadas com instrumentos calibrados e rastreados no Sistema Internacional
Incerteza expandida(U), é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (K=2).

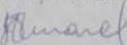
6- Plano de Amostragem

Plano de Amostragem de responsabilidade do interessado

7- Interpretação dos resultados

Comparando-se os resultados obtidos para a amostra com valores estabelecidos pelo CONAMA N° 396 de 03 de abril de 2008, podemos observar que o parâmetro sanalizado Coliformes Termotolerantes não satisfaz o limite permitido.

Manaus, 19 de novembro de 2015.


Heloisa Amaral Pereira
Engenheira Química
CREA - AM 041356307-3

5- Abrangência

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
Todas as medições foram realizadas com instrumentos calibrados e rastreados no Sistema Internacional.
Incerteza expandida(U), é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (K=2).

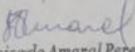
6- Plano de Amostragem

Plano de Amostragem de responsabilidade do interessado.

7- Interpretação dos resultados

Comparando-se os resultados obtidos para a amostra com valores estabelecidos pelo CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008, podemos observar que o parâmetro sanalizado Coliformes Termotolerantes não satisfaz o limite permitido.

Manaus, 19 de novembro de 2015.


Heloisado Amaral Pereira
Engenheira Química
CREA - AM 041356307-3

Relatório de Ensaio

 Cliente: **THT AMBIENTAL LTDA** Relatório nº: **5 796/15**

 Data da coleta das amostras: **01/11/2015** Data/Hora do recebimento das amostras no laboratório: **01/11/2015 - 14:30 hs**

 Data do início das análises: **01/11/2015** Data do término das análises: **12/11/2015** Hora da coleta: **11:18**

 Produto: **ÁGUA DE POÇO** Procedência: **PONTO 3 - SÍTIO Sr. TRANCREDO - 59.947 - 2.78795 RAMAL AREAL**
1. Ensaio Microbiológicos

 Conama Nº 396/08
 VMP

Análises	Unidade	Consumo Humano	Dessecação de Animais	Irrigação	Recreação	LQP	LQ	Resultados
Coliformes Termotolerantes	Pres/Aus	Ausência em 100 mL	200/100 mL	-	1000/100 mL	-	-	Presença

VMP- Valor Máximo Permitido Pres/Aus-Presença/Ausência em 100mL LQP - Limite de Quantificação Praticável LQ-Limite de quantificação

2. Ensaio Físicos e químicos

 Conama Nº 396/08
 VMP

Análises	Unidade	Consumo Humano	Dessecação de Animais	Irrigação	Recreação	LQP	LQ	Resultados
Cor Aparente	CU	-	-	-	-	-	1	13
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO ₅ dias	mg/L	-	-	-	-	-	1	<1
Nitrato	µg/L	10.000	90.000	-	10.000	300	300	<1
Nitrito	µg/L	1.000	10.000	1.000	1.000	20	13	<13
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	-	-	-	-	-	0,03	0,23
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	-	-	-	-	3	3
Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	-	-	-	-	0,1	5,27
pH	-	-	-	-	-	-	0-14	4,78
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	-	-	-	-	-	-	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	µg/L	1.000.000	-	-	-	2.000	2.000	8.000
Sulfato	µg/L	250.000	1.000.000	-	400.000	5.000	1.000	<1.000
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	-	-	-	-	-	0,0004	<0,0004
Turbidez	NTU	300	-	5.000	300	100	10	0,75

VMP- Valor Máximo Permitido LQP - Limite de Quantificação Praticável LQ- Limite de Quantificação

3. Metodologia

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 st. Ed. American Public Health Association (APHA) 2012.

4. Parâmetros legais

Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 (Anexo 1).

5- Abrangência

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
Todas as medições foram realizadas com instrumentos calibrados e rastreados no Sistema Internacional.
Incerteza expandida(U), é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (K=2).

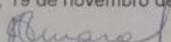
6- Plano de Amostragem

Plano de Amostragem de responsabilidade do interessado.

7- Interpretação dos resultados

Comparando-se os resultados obtidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 -Artigo 15, podemos observar que o parâmetro analisado pH não satisfaz o limite permitido.

Manaus, 19 de novembro de 2015.


Heloisa do Amaral Pereira
Engenheira Química
CREA - AM 041356307-3

Relatório de Ensaio

 Cliente: **THT AMBIENTAL LTDA.** Relatório nº: **5.795/15**

 Data da Coleta das Amostras: **01/11/2015** Data/Hora do recebimento das amostras no laboratório: **01/11/2015 - 14:30 hs**

 Data do início das análises: **01/11/2015** Data do término das análises: **12/11/2015** Hora da coleta: **10:10**

 Produto: **CORPO HÍDRICO** Procedência: **PONTO 2 - SÍTIO SR FRANCISCO - 59.947 - 2.78704 RAMAL AREAL**
1- Ensaio Microbiológicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	500

VMP-Valor Máximo Permitido NMP-Número Mais Provável

2- Ensaio Físicos e químicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	15
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO _{5dias}	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	<0,03
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,40
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	4,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	6,17
pH	-	6,0 - 9,0	5,47
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	11,00
Sulfato	mg/L	250	1,33
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	2,05

VMP -Valor Máximo Permitido

3- Metodologia

 Segundo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22 st. ed. American Public Health Association (APHA), 2012.

4- Parâmetros legais

Resolução CONAMA n° 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15 - (Padrão de água Classe 2)

5- Abrangência

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
Todas as medições foram realizadas com instrumentos calibrados e rastreados no Sistema Internacional.
Incerteza expandida(U), é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (K=2).

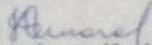
6- Plano de Amostragem

Plano de Amostragem de responsabilidade do interessado.

7- Interpretação dos resultados

Comparando-se os resultados obtidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 -Artigo 15, podemos observar que os parâmetros analisados Oxigênio Dissolvido e pH não satisfazem os limites permitidos.

Manaus, 19 de novembro de 2015.


Heloisa do Amaral Pereira
Engenheira Química
CREA - AM 041356307-3

Relatório de Ensaio

 Cliente: THT AMBIENTAL LTDA. Relatório n°: 5.794/15

 Data da Coleta das Amostras: 01/11/2015 Data/Hora do recebimento das amostras no laboratório: 01/11/2015 - 14:30 hs

 Data do início das análises: 01/11/2015 Data do término das análises: 12/11/2015 Hora da coleta: 08:40

 Produto: CORPO HÍDRICO Procedência: PONTO 1 - PONTE IGARAPÉ LEÃO - 59.947 - 2 80389 RAMAL AREAL
1- Ensaio Microbiológicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	500

VMP-Valor Máximo Permitido NMP-Número Mais Provável

2- Ensaio Físicos e químicos :

Análises	Unidade	Conama 357/05-art 15 VMP	Resultados
Cor Verdadeira	CU	75	11
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO _{5dias}	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrito	mg/L	1	0,03
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7	0,30
Óleos e Graxas Totais	mg/L	-	5,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	3,59
pH	-	6,0 - 9,0	5,58
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Virtualmente ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	5,00
Sulfato	mg/L	250	1,24
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	4,67

VMP -Valor Máximo Permitido

3- Metodologia

Segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 st. ed. American Public Health Association (APHA), 2012.

4- Parâmetros legais

Resolução CONAMA n° 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15 - (Padrão de água Classe 2)

Relatório de Ensaio

 Cliente: **THT AMBIENTAL LTDA** Relatório nº **5.794/15**

 Data da Coleta das Amostras: **01/11/2015** Data/Hora do recebimento das amostras no laboratório: **01/11/2015 - 14:30 hs**

 Data do início das análises: **01/11/2015** Data do término das análises: **12/11/2015** Hora de coleta: **08:40**

 Produto: **CORPO HÍDRICO** Procedência: **PONTO 1 - PONTE IGARAPÉ LEÃO - 59 947 - 2.80389 RAMAL AREAL**
1. Ensaio Microbiológico

Análise	Unidade	Conema 35705-art 15 VMP	Resultado
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.000	500

VMP - Valor Máximo Permitido NMP - Número Mais Provável

2. Ensaio Físico e químico

Análise	Unidade	Conema 35705-art 15 VMP	Resultado
Cor aparente	CU	75	11
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	mg/L	5	<1
Nitrato	mg/L	10	<1
Nitrato	mg/L	1	0,03
Nitrogênio Amomíaco Total	mg/L	3,7	0,30
Óleos e Gorduras Totais	mg/L	-	5,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	3,58
pH	-	6,0 - 9,0	5,58
Resíduos Sólidos Dissolvidos	-	Virtualmente ausentes	Ausência
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	5,00
Sulfato	mg/L	250	1,24
Sulfato de Hidrogênio	mg/L	0,002	<0,0004
Turbidez	NTU	100	4,87

VMP - Valor Máximo Permitido

3. Metodologia

Seguinte Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ed. ed. American Public Health Association (APHA), 2012.

4. Referências legais

Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15 - (Padrão de água Classe 2)



Av. Rodrigo Otávio, 1910 - CIDE | Crespo
CEP: 69.073-177 Manaus Am | Brasil
Tel: (55.92) 3216-3878 | Fax: 3237-8592
e-mail: cqlab@cqlab.com.br

Relatório de Ensaios

Cliente
THT AMBIENTAL LTDA.
CORPO HÍDRICO

nov/15

www.cqlab.com.br



4.1.7.4 Usos das Águas Superficiais

4.1.7.4.1 Caracterização dos Principais Usos na Área de Influência Direta

Este capítulo apresenta a caracterização dos principais usos nas ADA do projeto e suas demandas atuais e futuras em termos quantitativos e qualitativos, bem como a análise das disponibilidades frente às utilizações atuais e projetadas.

4.1.7.4.1.1 Águas Superficiais

Conforme prevê a Lei nº 9.433 de 1997, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Assim, todos os setores usuários da água têm igualdade de acesso aos recursos hídricos. A Política Nacional só traz uma exceção a esta regra, que vale para situações de escassez, em que os usos prioritários da água passam a ser o consumo humano e a dessedentação de animais.

Como as demandas por água para os mais variados usos vêm aumentando, o número de conflitos de interesses envolvendo a água também cresceu. Por isso, a ANA age no sentido de mediar tais conflitos no Brasil que podem contrapor diversos setores, como: elétrico e hidroviário, saneamento e turismo, irrigação e elétrico, etc.

Para garantir os usos múltiplos da água (Figura 4.1.7.4.1.1-1), a Agência também trabalha para prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, por meio de sua Sala de Situação.



Figura 4.1.7.4.1.1-1 - Uso Múltiplo da Água.
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas, 2015.

Em relação aos usos das águas superficiais, são múltiplos e de microescala os fins existentes: abastecimento doméstico (praticamente usam poços rasos), agricultura (pequenas irrigações), recreação (uso de igarapés para banhos nos finais de semana) e criação de peixes.

Existem pequenos igarapés que podem ser utilizados na sua forma natural para a preservação da flora e da fauna.

Na ADA 2 não há indícios de usos consuntivos da água e somente para a preservação da fauna e flora aquática e dessedentação e animais.

4.1.7.4.1.2 Descrição Sucinta das Bacias hidrográficas nas áreas de Estudo ADA 1 e ADA 2

No município de Manaus/AM, destacam-se quatro bacias hidrográficas urbanizadas que, de acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade – SEMMAS (MANAUS, 2007) são: Bacias Hidrográficas do Tarumã e do Puraquequara, que estão parcialmente inseridas na malha urbana manauara, e Bacias do São Raimundo e do Educandos que se encontram integralmente no perímetro urbano de Manaus.

A ADA 1 fica localizada entre as bacias hidrográficas do Tarumã e as cabeceiras da bacia do Puraquequara. A ADA 2 fica localizada nas cabeceiras da bacia hidrográfica do Tarumã, conforme Figura 4.1.7.4.1.2-1 e Figura 4.1.7.4.1.2-2.

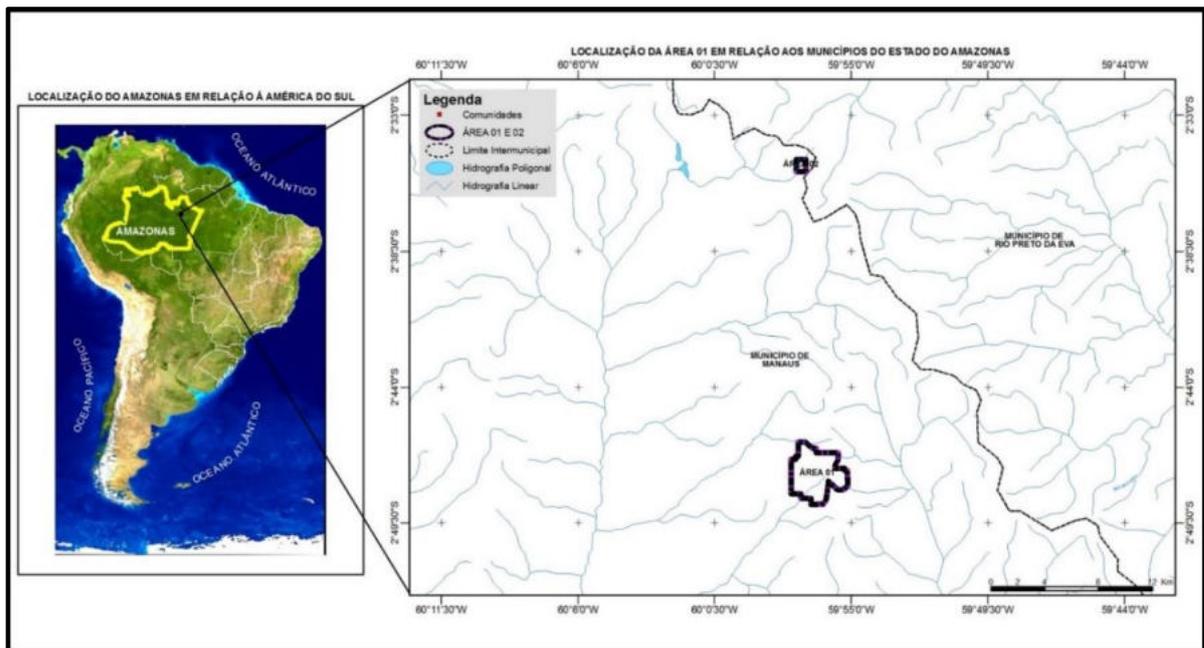


Figura 4.1.7.4.1.2-1 - Localização das ADAs 1 e 2.

Na ADA 1 fica localizada parte da nascente do igarapé do Leão e também é entrecortada por afluente do igarapé do Santo Antônio, conforme Figura 4.1.7.4.1.2-2.

No lado esquerdo da figura é encontrada a bacia do Tarumã e do lado direito a bacia do Puraquequara. A rodovia AM-10 é situada no divisor de águas destas duas bacias.

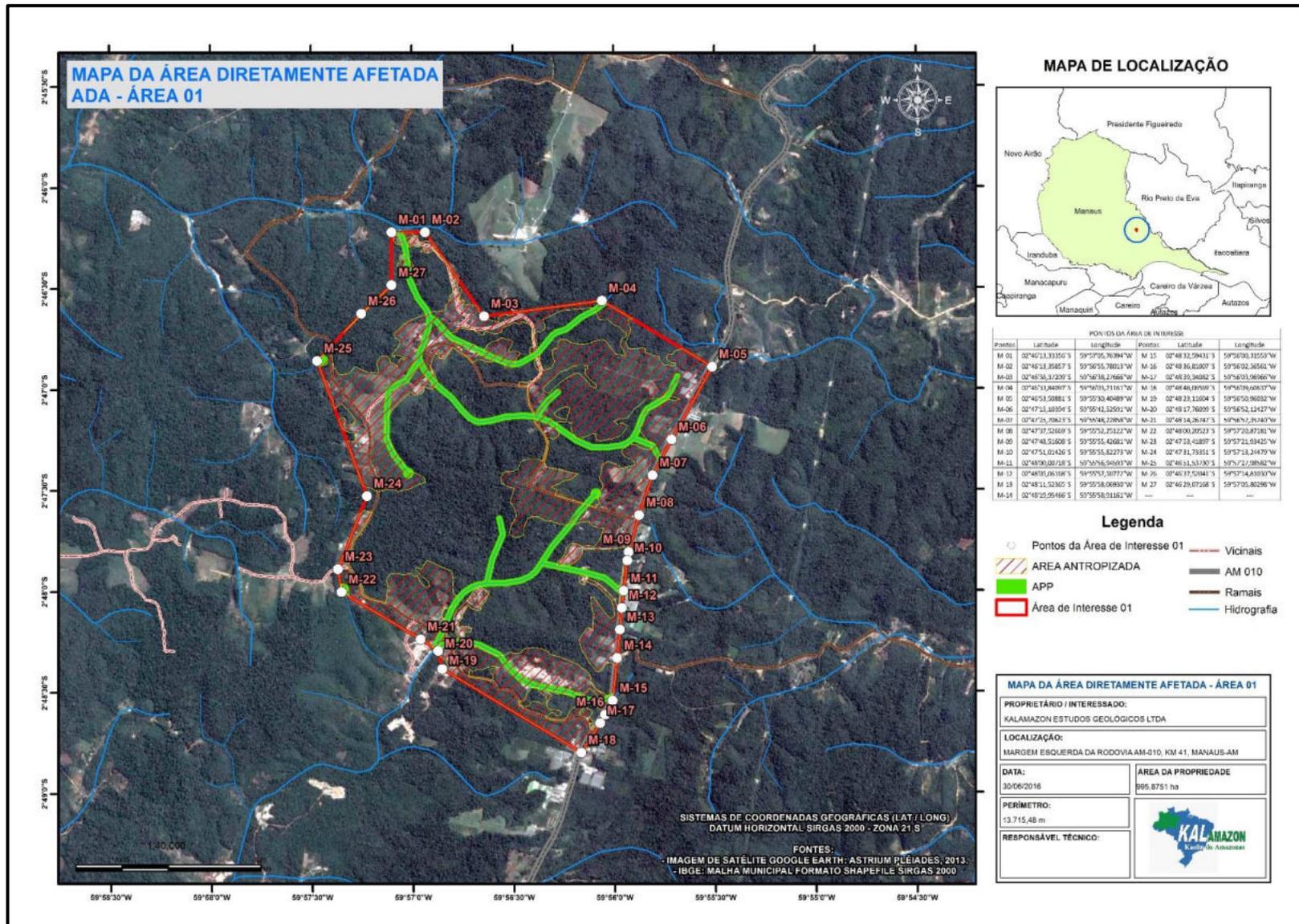


Figura 4.1.7.4.1.2-2 - Mapa da ADA 1.

A **ADA 2** (Figura 4.1.7.4.1.2-3) fica próximo à divisa entre os municípios de Manaus e Rio Preto da Eva, sendo que um dos igarapés de 1ª. ordem, que contribui para a formação do Igarapé do Tarumã, passa nas proximidades desta área.

A Figura 4.1.7.4.1.2-4 faz parte do conjunto de bacias do município de Manaus, ocupando áreas rurais do município.

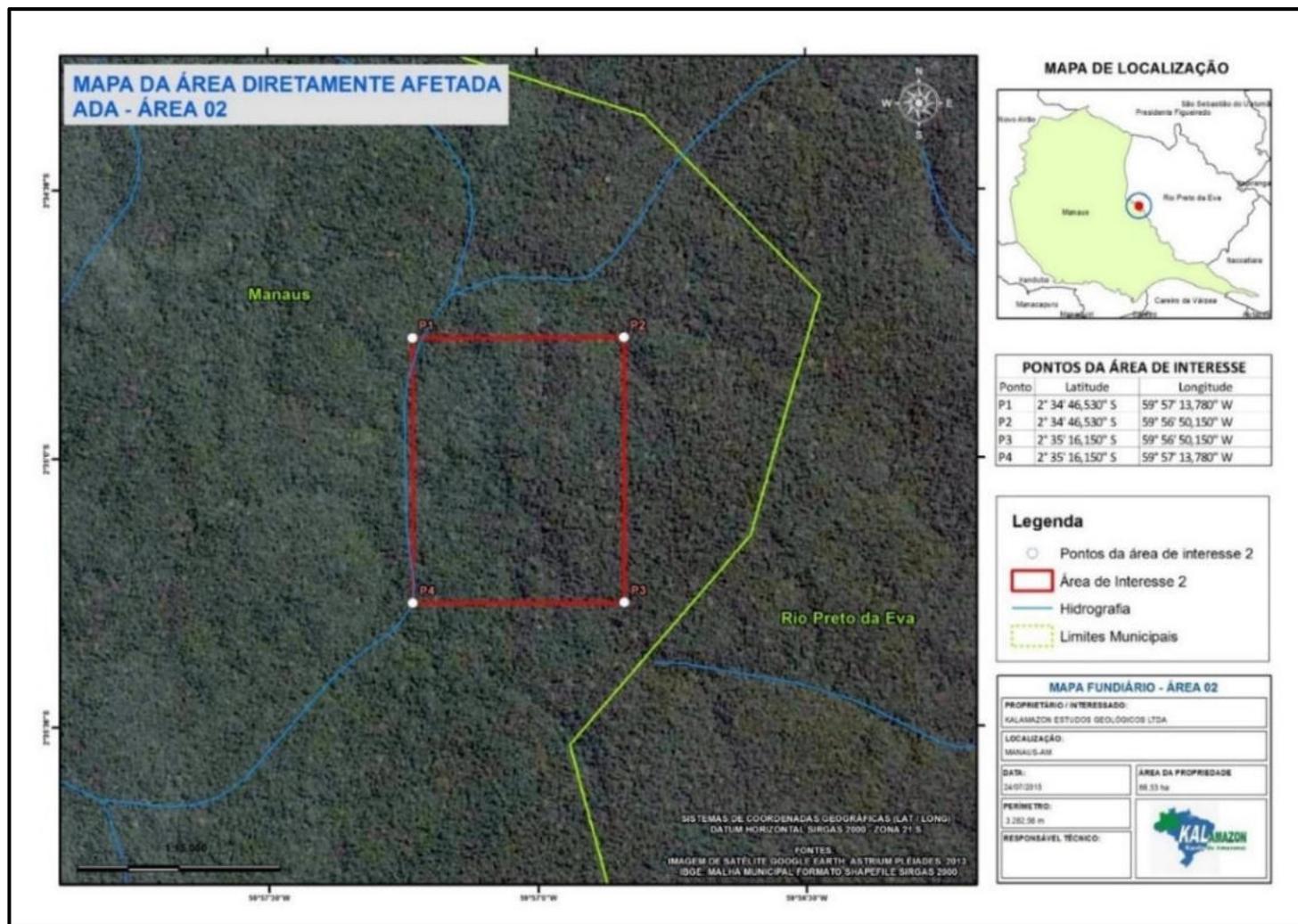


Figura 4.1.7.4.1.2-3 - Mapa de localização da ADA 2.

Fonte: KALAMAZON, 2015.

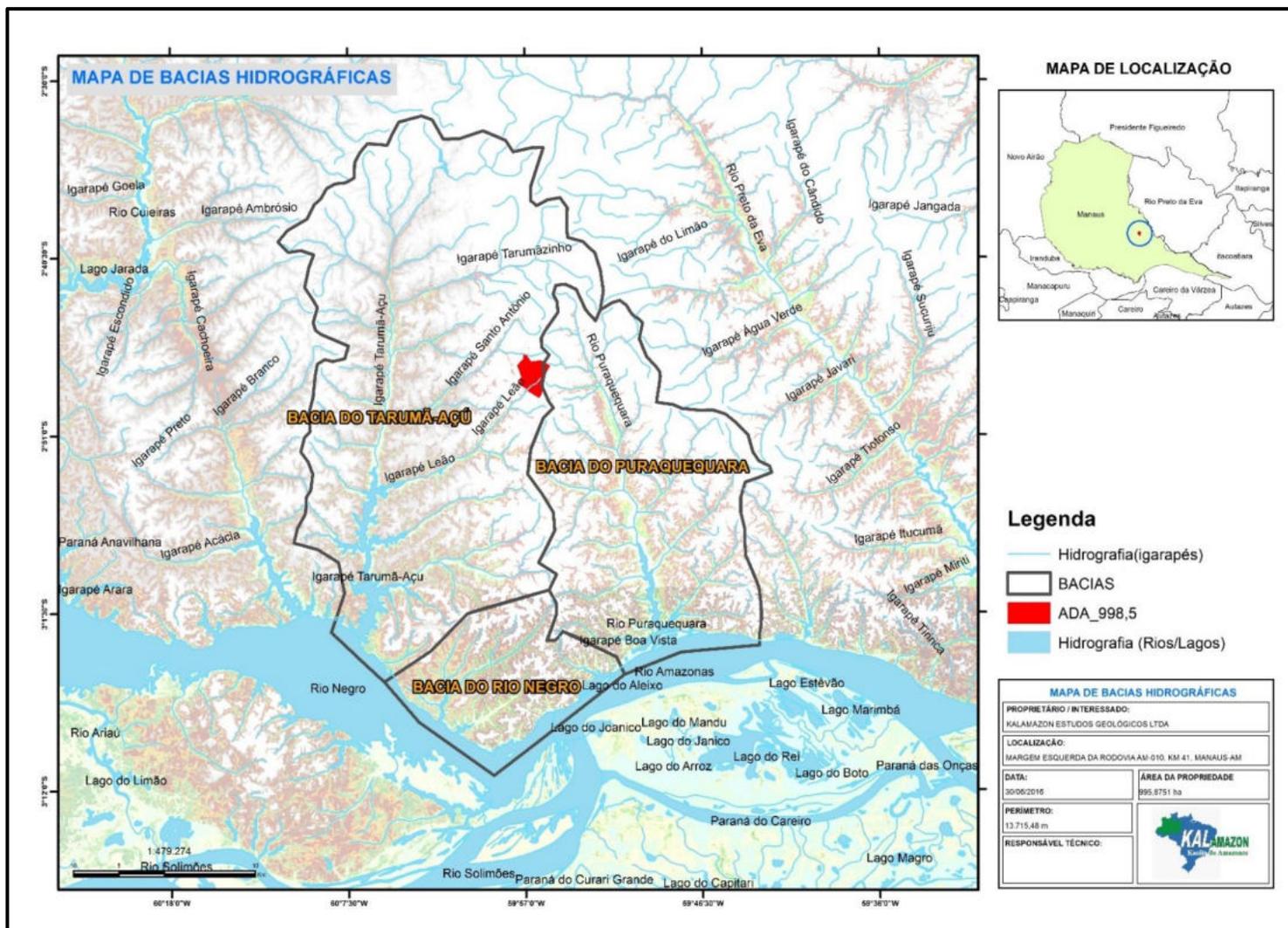


Figura 4.1.7.4.1.2-4 - Mapa com a apresentação das duas bacias hidrográficas em relação às ADA 1 e ADA 2.

O rio Puraquequara fica localizado na zona rural a leste do município de Manaus, na área de expansão da cidade, e lança suas águas no rio Amazonas. A Figura 4.1.7.4.1.2-5 indica a localização da bacia do Puraquequara (Pequeno filho, 2006). A bacia faz parte de uma área de proteção ambiental em processo de estabelecimento, criada pelo Plano Diretor Urbano e Ambiental da Cidade de Manaus no ano de 2002 (unidade de conservação municipal Área de Proteção Ambiental (APA) do Puraquequara) (OLIVEIRA et al., 2010). A região do entorno possui mosaicos florestais e mananciais de grande importância para as áreas rurais da capital do estado (HORBE, et al., 2005), havendo a necessidade de se compreender a relação estabelecida entre a comunidade presente no local e os recursos naturais disponíveis, incluindo os usos múltiplos da água e a forma de ocupação. Segundo Barros, Benacon e Borges (2015) quanto aos usos múltiplos das águas na Bacia do Puraquequara, podem-se citar os usos em atividades comerciais como restaurantes, mercearias, feiras e indústrias, incluindo o Distrito Industrial II, pequenas empresas e também uma área militar (Centro de Instrução de Guerra de Selva – CIGS). Apresentam também usos em atividades de lazer de contato primário e secundário e recreação aquática (passeios de voadeira, flutuantes que servem como, comércio “bares dançantes” e restaurantes), principalmente, nos fins de semana. O uso para fins de abastecimento é praticamente inexistente e as comunidades utilizam poços para abastecimento.

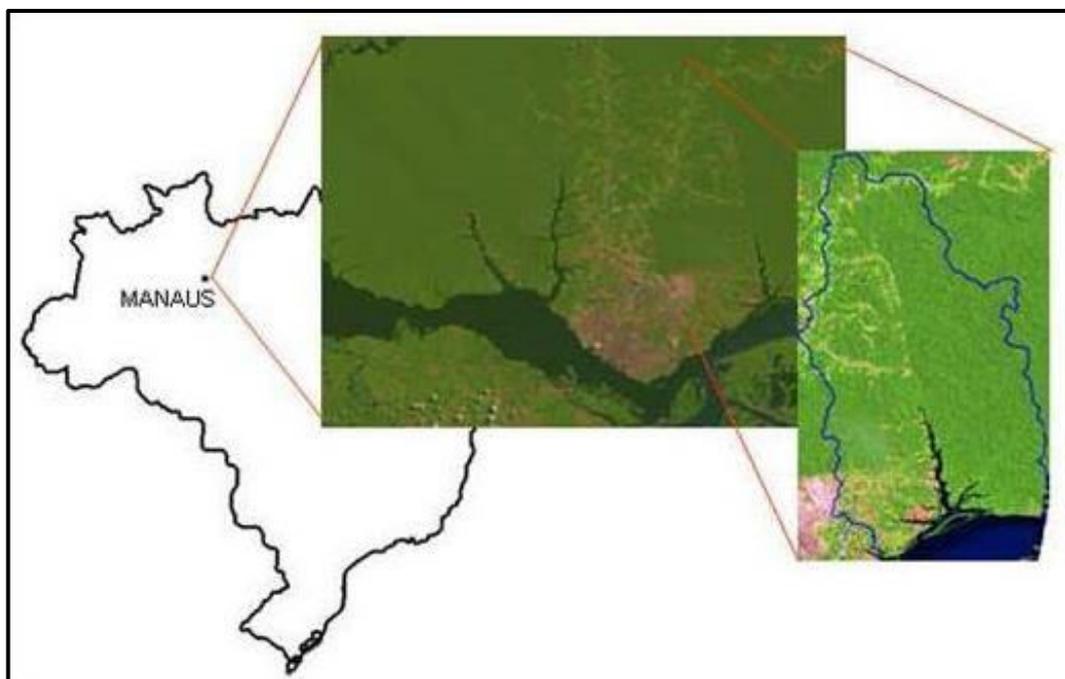


Figura 4.1.7.4.1.2-5 - Localização da Bacia do Puraquequara.

Fonte: PEQUENO FILHO, 2006.

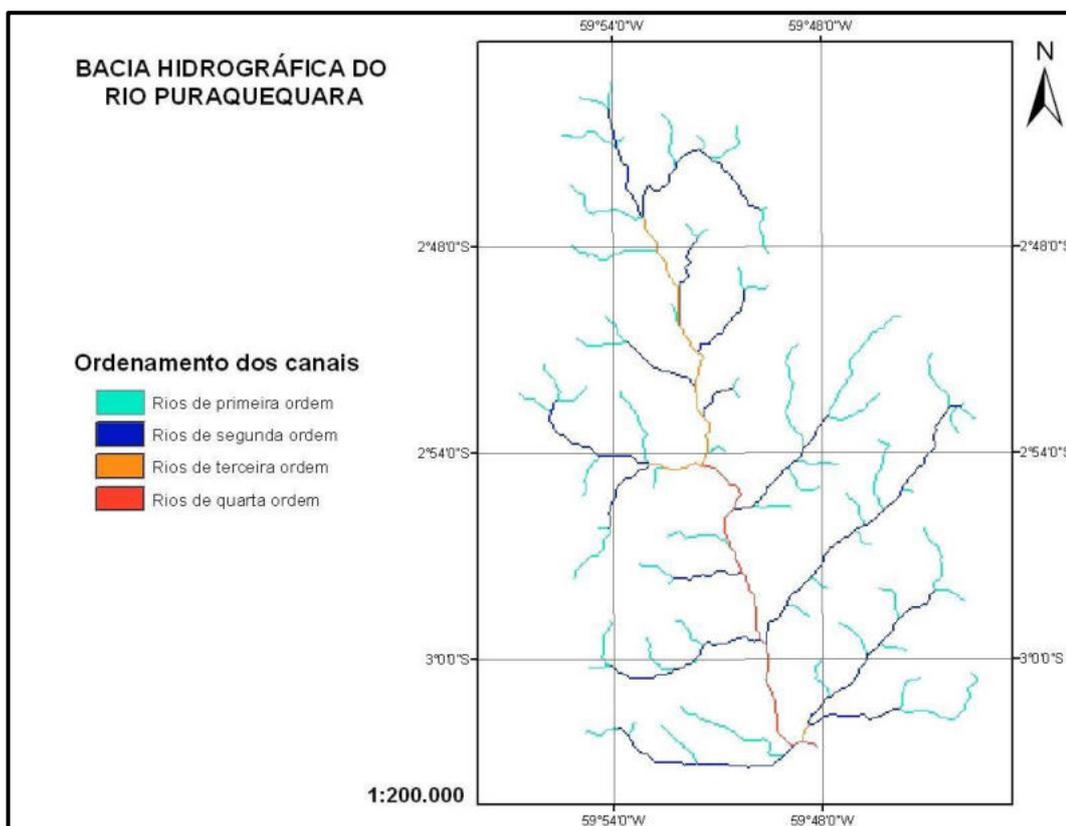


Figura 4.1.7.4.1.2-6 - Mapa Localização da Bacia do Puraquequara em Manaus.
 Fonte: COSTA et al., 2013.

A bacia do Tarumã-Açu está localizada entre os paralelos 20° 11' 50" e 3° 03' 13"S e meridianos 59° 55' 08" e 60° 06' 21"W, Figura 4.1.7.4.1.2-7 (COSTA et al., 2013), fazendo limite com as bacias do Tarumã-Mirim e do São Raimundo em Manaus, e com a bacia do Rio Preto da Eva, Figura 4.1.7.4.1.2-8 (COSTA et al., 2013). Por ter alguns igarapés em área urbana, a bacia do Tarumã-Açu possui tanto ambientes preservados como ambientes com graus de degradação variando de média a forte (SILVA; PASCOALOTO et al.).

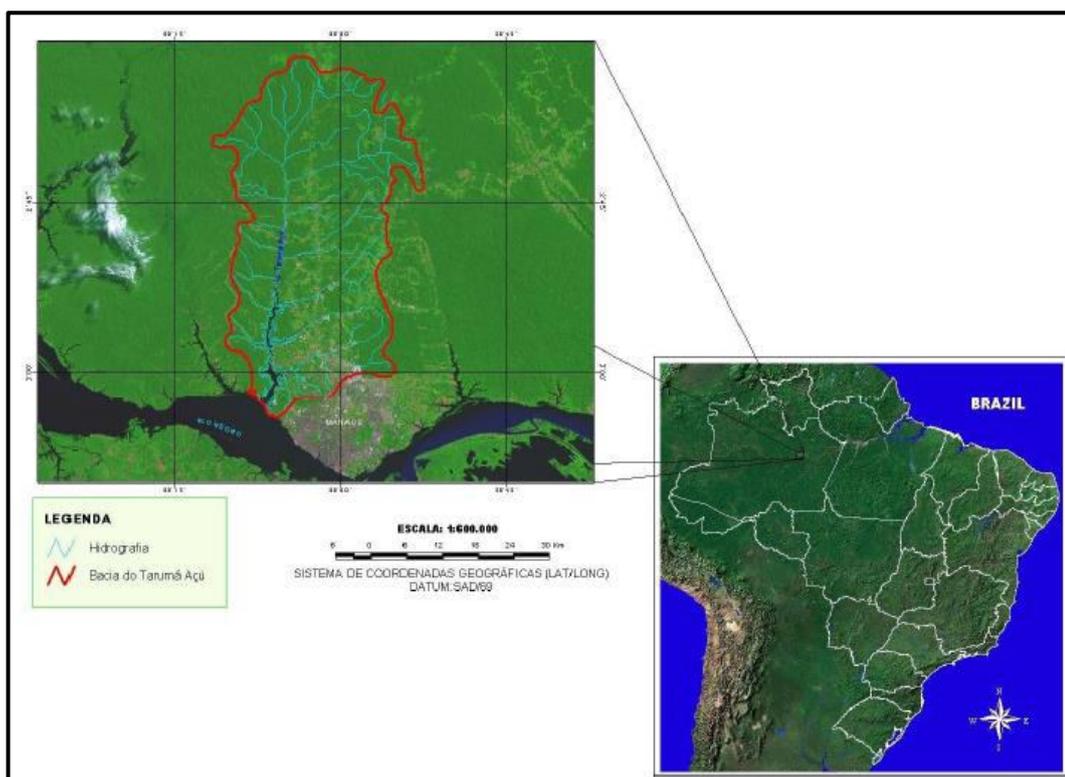


Figura 4.1.7.4.1.2-7 - Mapa Localização da Bacia do Tarumã em Manaus.
Fonte: COSTA et al., 2013.

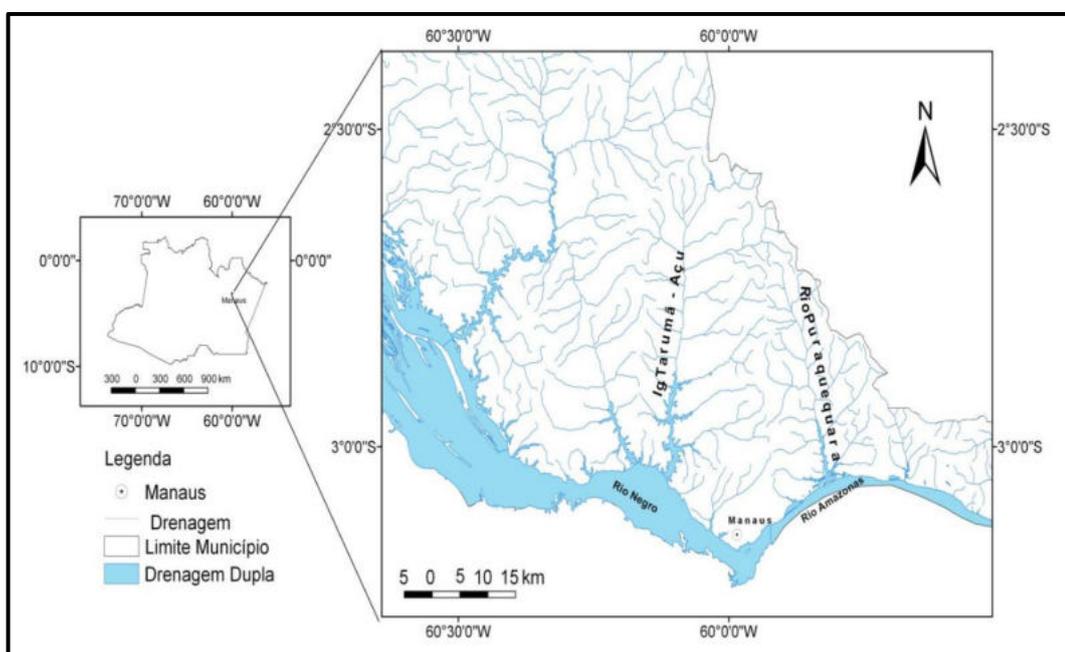


Figura 4.1.7.4.1.2-8 - Mapa Localização da Bacia do Tarumã em Manaus.
Fonte: COSTA et al., 2013.

Segundo Costa, et al. (2013), a área de drenagem da bacia do Tarumã-Açu é de 1.353,271 km² e a do Puraquequara de 694,834 km². Essa bacia apresentou perímetro de

229,122 km, comprimento do canal principal de 42,105 km, comprimento vetorial do canal principal de 37,612 km e comprimento total dos canais da bacia de 1065.387 km. Já a bacia hidrográfica do Puraquequara, apresentou perímetro de 151,731 km, comprimento do canal principal de 19,541 km, comprimento vetorial do canal principal de 16,334 km e comprimento total dos canais da bacia de 544,985 km. Os valores de K_c foram superiores a uma unidade, levando-se a concluir que as bacias têm pouca tendência a enchentes, devido a sua forma mais alongada e maior área (Tabela 4.1.7.4.1.2-1). Costa et al., (2013), indica ainda o ordenamento de canais na bacia do Tarumã-Açu (Figura 4.1.7.4.1.2-9). A Figura 4.1.7.4.1.2-10 apresenta a indicação da declividade ao longo da bacia do Puraquequara e a Figura 4.1.7.4.1.2-11 a declividade ao longo da bacia do Tarumã-Açu.

Quanto ao índice de circularidade, a bacia hidrográfica do Tarumã-Açu foi de 0,32 e do Puraquequara de 0,37 e ao fator de forma, de 0,41 e 0,45, respectivamente. De acordo com Vilella e Mattos (1975), o K_f é outro índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes numa bacia hidrográfica. Segundo proposto pelos autores, quanto menor for o fator de forma de uma bacia hidrográfica, está terá uma maior chance de apresentar um formato mais retangular, ou seja, mais estreita e longa, portanto, menos sujeita a enchentes. Sendo assim, a partir dos resultados obtidos, pode-se confirmar a tendência que estas bacias hidrográficas não estão sujeitas a enchentes.

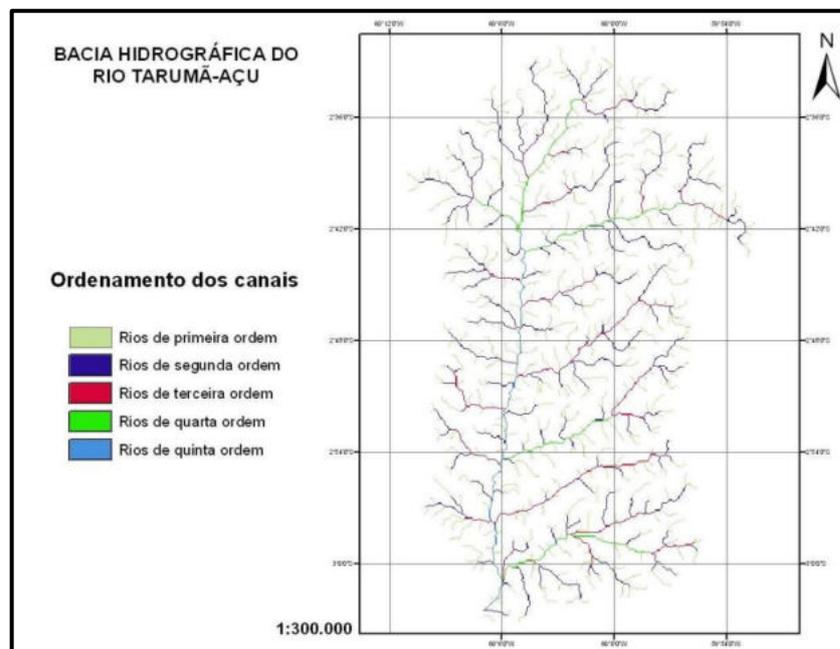


Figura 4.1.7.4.1.2-9 - Ordenamento de canais na bacia do Tarumã-Açu.

Fonte: COSTA et al., 2013.

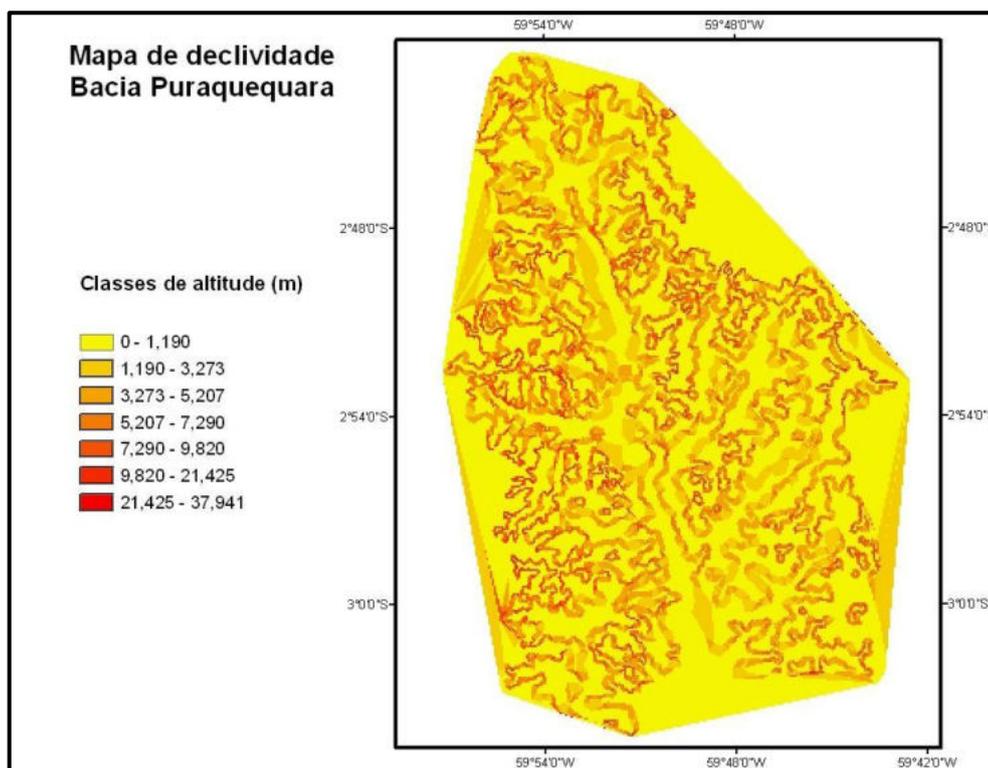


Figura 4.1.7.4.1.2-10 - Mapa da declividade do Puraquequara.

Fonte: COSTA et al., 2013.

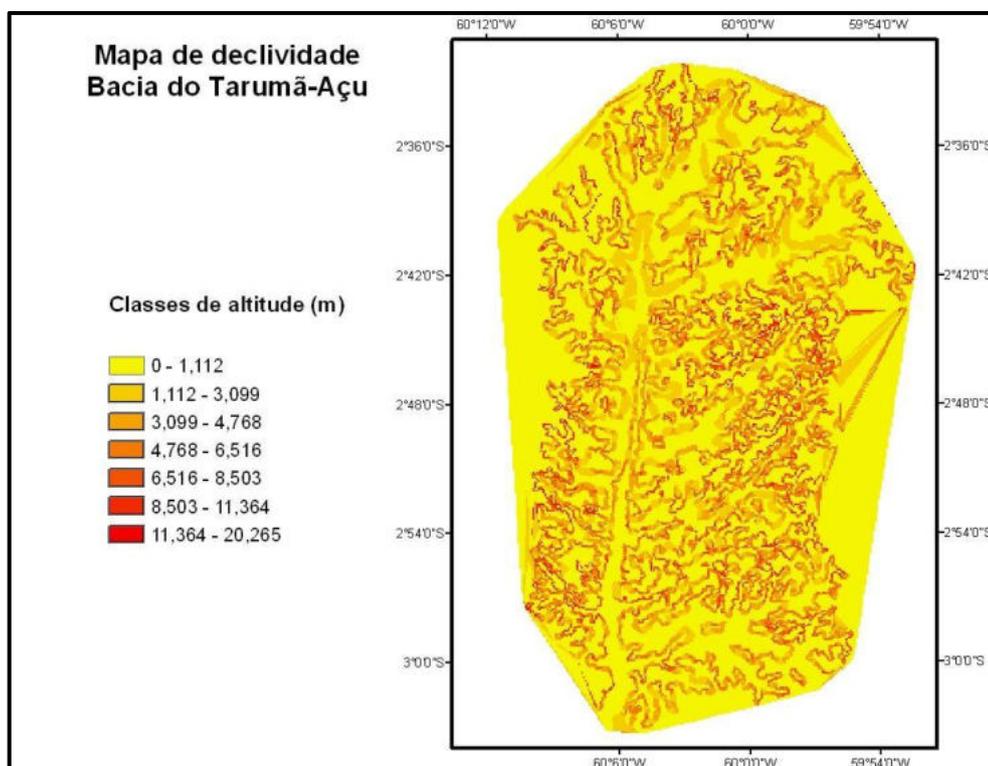


Figura 4.1.7.4.1.2-11 - Mapa da declividade do Tarumã Açu.

Fonte: COSTA et al., 2013.

Tabela 4.1.7.4.1.2-1 - Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas do Tarumã-Açu e Puraquequara

PARÂMETROS	Bacia do Tarumã-Açu	Bacia do Puraquequara
Área	1.353,271 km ²	694,834 km ²
Perímetro	229,122 km	151,731 km
Comprimento do canal principal	42,105 km	19,451 km
Comprimento. Total dos canais	1.065,387 km	544,985 km
Ordem do córrego	5 ^a	4 ^a
Densidade de drenagem	0,79 km/km ²	0,78 km/km ²
Densidade hidrográfica	0,62 canais/km ²	0,64 canais/km ²
Índice de Sinuosidade	1,11	1,18
Declividade média	1,84	2,02
Altitude máxima	154 m	147 m
Altitude mínima	2 m	7 m
Amplitude altimétrica	152 m	140 m

Fonte: COSTA et al., 2013.

Os autores (COSTA et al., 2013) concluíram que as bacias hidrográficas do Tarumã-Açu e Puraquequara, no município de Manaus-AM, podem ser classificadas como grandes, quanto à área. Estas bacias não são tão influenciadas pelas enchentes, são pouco dissecadas e com baixa declividade, o que resultará em uma resposta hidrológica lenta, com redução dos picos de enchente.

4.1.7.4.1.3 Usos Múltiplos da Água nas ADA 1 e ADA 2

Segundo Carvalho et al. (2007), o uso consuntivo é aquele em que é retirada uma determinada quantidade de água dos mananciais, que depois de utilizada, é devolvida em quantidade menor e/ou com qualidade inferior, provocando prejuízos quali-quantitativos. Nas áreas de interesse de interesse do projeto **ADA 1** e **ADA 2** não existem usos consuntivos significativos de recursos hídricos, os poucos identificados são relacionados a pequenas irrigações de hortaliças ou plantações de mamão. Nas granjas de criações de galinhas o uso pode ser considerado consuntivo (semi-industrial). São utilizadas águas para criação de peixes em micro e pequena escala considerado como um uso não consuntivo, Rebouças (2002) afirma que os usos não consuntivos utilizam a água em seus próprios mananciais sem precisar retirá-la do sistema de captação; ou após sua captação, retornam integralmente aos seus mananciais. Por exemplo: a geração de energia elétrica, a navegação.

Na Figura 4.1.7.4.1.3-1 a Figura 4.1.7.4.1.3-11 são apresentadas situações de usos de recursos hídricos na **ADA 1**. Ressalta-se que na **ADA 2** não há utilização de recursos hídricos para nenhuma finalidade.

O consumo de águas nas atividades de criação comercial de galinhas são os mais significativos. Nestes casos são utilizados poços de água subterrânea, porém não foram obtidos dados de vazão e outras informações sobre estes poços visto que não foi permitido o acesso a estas áreas e os proprietários restringem qualquer tipo de informação sobre suas atividades.

Quanto aos usos pelos comunitários residentes nos ramais do areal e ramal da união, grande parte usa águas de poços rasos para uso doméstico.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
<p>IG. DO LEÃO PONTE AREAL</p>	<p>LONG. -59,947 LAT. -2,38049</p>	

Figura 4.1.7.4.1.3-1 - Uso da Água Ramal do Areal.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
<p>SÍTIO FANCISCO</p> <p>SR.</p>	<p>LONG. -59,9547</p> <p>LAT. -2,78704</p>	

Figura 4.1.7.4.1.3-2 - Uso da Água Ramal do Areal.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
<p>SÍTIO TANCREDO SR.</p>	<p>LONG. -59,9547 LAT. -2,78795</p>	 <p>USO DA ÁGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso Doméstico (lavagem de roupa, louça e banho) - Na agricultura familiar <p>52 m</p> <p>Image © 2015 CNES / Astrium</p> <p>Data das imagens: 8/13/2014 2°47'17,06\" </p>

Figura 4.1.7.4.1.3-3 - Uso da Água Ramal do Areal

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
POÇO DO SR. TANCREDO	LONG. -59,9555 LAT. -2,78797	

Figura 4.1.7.4.1.3-4 - Uso da Água Ramal do Areal.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
IG. DO TANCREDO	LONG. -59,9574 LAT. -2,78695	 <p>USO DA ÁGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Na agricultura familiar - Uso Doméstico (lavagem de roupa, louça e banho) <p>Ig. do Tancredo</p>

Figura 4.1.7.4.1.3-5 - Uso da Água Ramal do Areal.

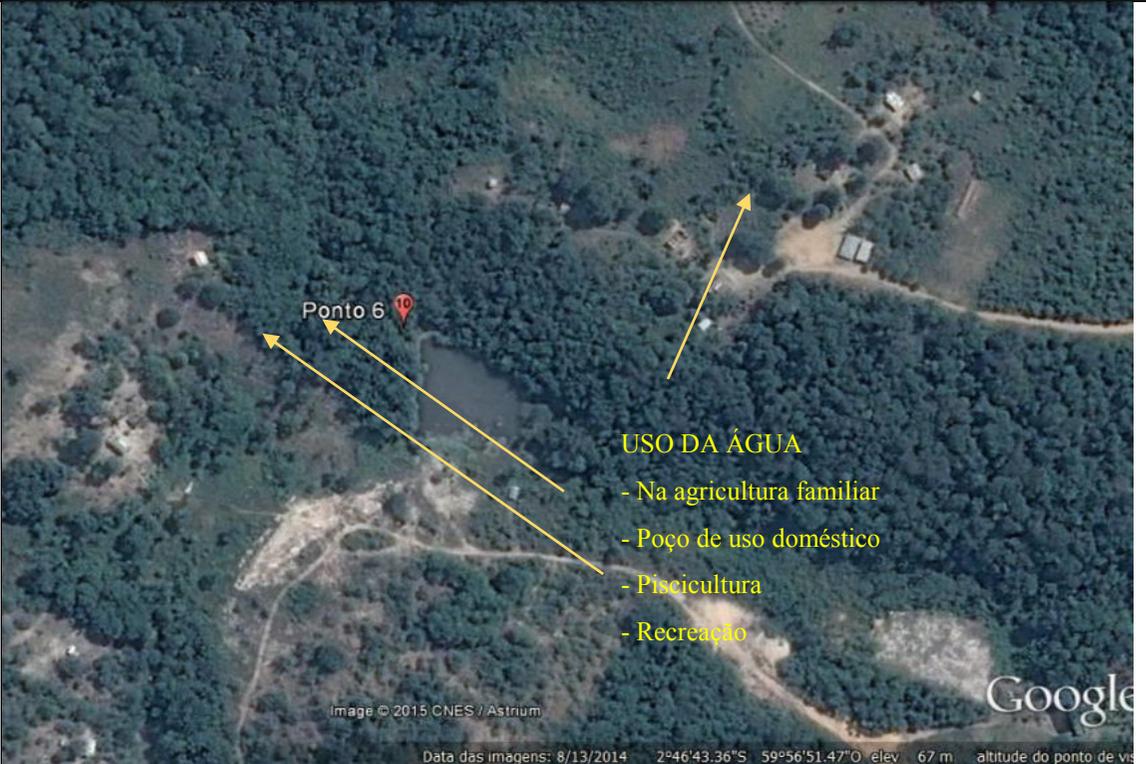
IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
PONTO 6	LONG. -59,9478 LAT. -2,7784	 <p>USO DA ÁGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Na agricultura familiar - Poço de uso doméstico - Piscicultura - Recreação

Figura 4.1.7.4.1.3-6 - Uso da Água Ramal da União.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
IG. DA UNIÃO	LONG. -59,9398 LAT. -2,78571	

Figura 4.1.7.4.1.3-7 - Usos da Água - Ramal da União.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
IG. ASSOREADO	LONG. -59,9396 LAT. -2,78037	 <p>USO DA ÁGUA - Agricultura familiar - Poço de uso doméstico</p> <p>USO DA ÁGUA Sem uso definido, não oferece condições de uso específico nesse ponto</p> <p>Ig. Assoreado</p>

Figura 4.1.7.4.1.3-8 - Usos da Água Ramal da União.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
<p>BANHO SR. OTACÍLIO</p>	<p>LONG. -59,9508 LAT. -2,77058</p>	 <p>USO DA ÁGUA - Banho familiar / recreação</p> <p>Banho Sr. Otacilio</p> <p>USO DA ÁGUA - Agricultura familiar - Poço de uso doméstico</p>

Figura 4.1.7.4.1.3-9 - Usos Da Água Ramal Da União.

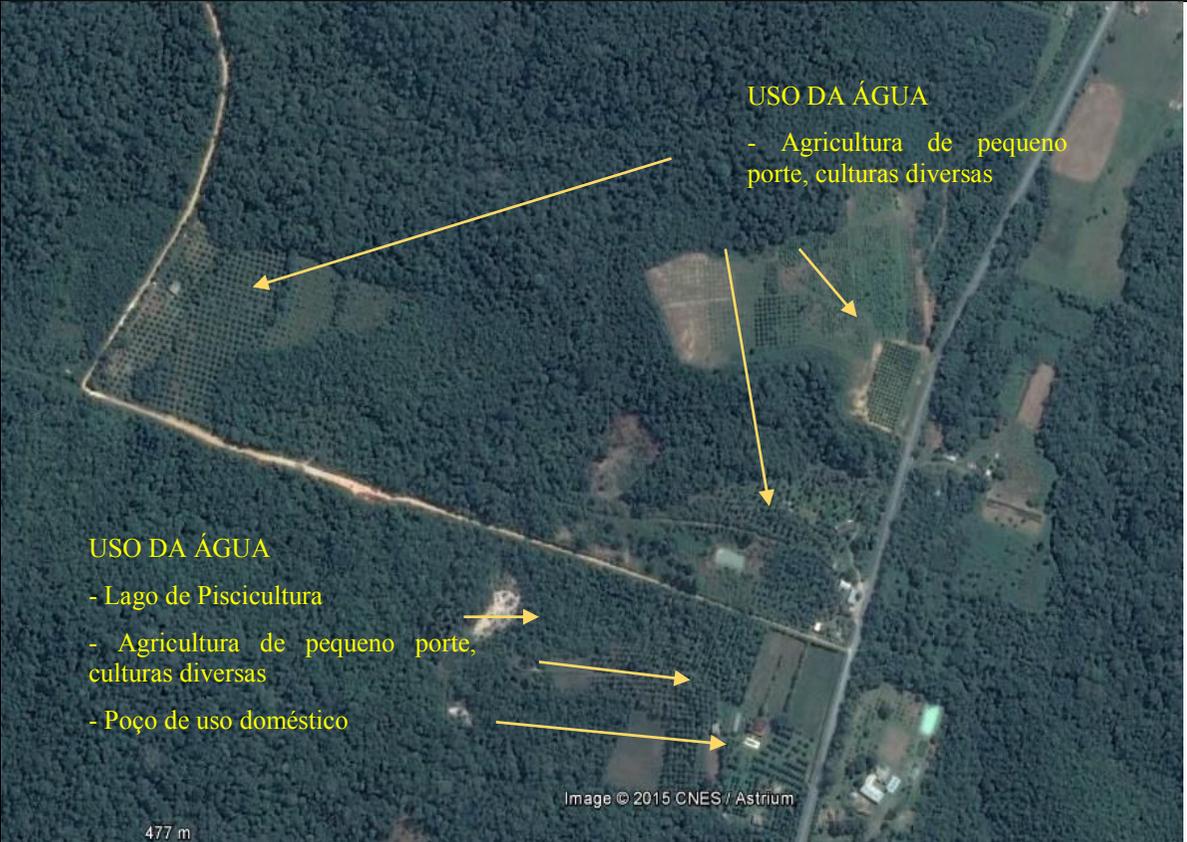
IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
<p>PROXIMIDADES DA AM 10</p>	<p>LONG. 59,93300 LAT.-2,79366</p>	 <p>USO DA ÁGUA - Agricultura de pequeno porte, culturas diversas</p> <p>USO DA ÁGUA - Lago de Piscicultura - Agricultura de pequeno porte, culturas diversas - Poço de uso doméstico</p> <p>477 m</p> <p>Image © 2015 CNES / Astrium</p>

Figura 4.1.7.4.1.3-10 - Usos da Água nas Proximidades da Am-10.

IDENTIFICAÇÃO	COORD	IMAGENS E USOS DA ÁGUA
<p>PROXIMIDADES DA AM 10</p>	<p>LONG. -2,79998 LAT. -59,93221</p>	 <p>USO DA ÁGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avicultura - Poço de uso doméstico - Lago de Piscicultura <p><small>Image © 2015 CNES / Astrium</small></p>

Figura 4.1.7.4.1.3-11 - Usos da Água nas Proximidades da Am-10.

4.1.7.4.2 Caracterização da Inserção dos Usos da Água na Bacia Hidrográfica.

A Política Nacional instituiu a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento, e dentre seus objetivos destacam-se: a manutenção da quantidade e da qualidade dos diversos usos ao longo do tempo, o uso racional e integrado dos recursos hídricos visando a sustentabilidade e a prevenção de eventos hidrológicos críticos tanto de origem natural quanto devido a interferências antrópicas. Os comitês de bacia hidrográfica (CBH) são órgãos colegiados instituídos com o objetivo de promover debates sobre a questão dos recursos hídricos no âmbito da bacia a que pertence, devendo integrar os órgãos e entidades estaduais e municipais na escala regional e incentivar a participação da sociedade civil no processo de tomada de decisão. A gestão de recursos hídricos e o uso de indicadores de sustentabilidade foram ressaltados pela Agenda 21, destacando-se os Capítulos 18 e 40. No Capítulo 40, apresenta a necessidade de utilização de indicadores de sustentabilidade para o monitoramento da sustentabilidade na gestão dos recursos naturais. No Capítulo 18 destaca-se a priorização da proteção e investimento na qualidade ambiental dos recursos hídricos, por meio da aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso destes, tendo como objetivos: boa qualidade de água para consumo de toda a população mundial, preservar as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas e adaptar as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza, além do combate aos vetores de doenças relacionadas à água.

A Lei Federal nº. 9.433/97 fornece as principais diretrizes para a gestão dos recursos hídricos, no âmbito nacional. A Política Nacional de Recursos Hídricos ou Lei das Águas, como é conhecida, estabelece o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, composto pelo Conselho Nacional, Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e Conselho do Distrito Federal, Comitês de Bacia Hidrográfica e Agências de Água.

Com relação ao gerenciamento de recursos hídricos, o Brasil adotou a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos e promoveu a descentralização e a participação social no processo de gestão por meio da criação dos Comitês de Bacias (SOUZA et al., 2014).

A adequada gestão dos recursos hídricos é tema recorrente na atualidade, uma vez que a disponibilidade da água, em especial para fins nobres como o abastecimento humano tem sofrido restrições significativas em função do comprometimento de seus aspectos de qualidade e quantidade. Nesse sentido, a resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL,

2005), que “*dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (...)*”, pode ser vista como um importante instrumento da Política Nacional dos Recursos Hídricos – lei nº 9.433/1997 – Brasil (1997).

Algumas importantes definições fazem parte do processo de gestão de recursos hídricos. Os principais conceitos foram definidos pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) em 1986 e adaptado por Lanna (1995):

- Política de recursos hídricos: Conjunto de princípios que compõem as aspirações sociais e/ou governamentais concernentes à regulamentação ou modificação nos usos, controle e proteção dos recursos hídricos;
- Plano de recursos hídricos: Estudo prospectivo que busca essencialmente adequar o uso, o controle e o grau de proteção dos recursos hídricos às aspirações sociais e/ou governamentais expressas em uma política de recursos hídricos. A atividade de fazer tais planos é intitulada Planejamento de Recursos Hídricos;
- Gerenciamento dos recursos hídricos: Conjunto de ações governamentais que regulam o uso e o controle dos recursos hídricos e avaliam a conformidade da situação corrente com os princípios estabelecidos pela política dos recursos hídricos; e
- Sistema de gerenciamento dos recursos hídricos: Conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, objetivando executar a política dos recursos hídricos através do modelo de gerenciamento dos recursos hídricos adotado e tendo como instrumento o planejamento dos recursos hídricos.

No Amazonas ainda é bastante incipiente a estrutura dos comitês de bacias e não existem ações integradas dos vários atores em relação ao tema.

4.1.7.4.2.1 Comitê de Bacias do Puraquequara

Os Comitês de Bacia Hidrográfica são organismos colegiados que fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e existem no Brasil desde 1988. A composição diversificada e democrática dos Comitês contribui para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia tenham representação e poder de decisão sobre sua gestão. Os membros que compõem o colegiado são escolhidos entre seus pares, sejam eles dos diversos setores usuários de água, das organizações da sociedade civil ou dos poderes públicos. Suas principais competências são: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia; arbitrar conflitos pelo uso da água, em primeira instância administrativa; estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água; entre outros.

O Governo do Estado, por meio da Secretaria de Estado de Mineração e Recursos Hídricos (SEMGRH), instalou no último sábado, 9 de agosto, durante seminário realizado na comunidade do Puraquequara, na zona leste de Manaus, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Puraquequara (CBHP), que vai auxiliar a secretaria e a comunidade local na preservação da natureza local e das comunidades tradicionais que vivem na área. A bacia hidrográfica do Puraquequara corresponde a uma área de 700 quilômetros quadrados. A nascente do rio tem início na rodovia AM-010, no município de Rio Preto da Eva e termina na zona leste de Manaus. O local é uma importante área de preservação ambiental, onde vivem cerca de nove mil pessoas, divididas em 23 comunidades localizadas tanto na zona urbana, quanto na zona rural dos dois municípios. O CBHP é o segundo comitê de bacias instalado no Estado do Amazonas.

O primeiro comitê criado foi o da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, instituído em outubro de 2009, por meio de um decreto estadual.

(<http://www.amazonas.am.gov.br/2014/08/governo-do-estado-instala-comite-da-bacia-hidrografica-do-puraquequara-que-vai-auxiliar-na-preservacao-do-meio-ambiente-e-comunidades-tradicionais/>)

4.1.7.4.2 Comitê de Bacias do Tarumã-Açu

A bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu fica localizada na Zona Oeste da cidade de Manaus, de acordo com a Lei nº 3.167, de 28 de agosto de 2007, que dispõe sobre a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu.

Neste contexto de grande relevância hídrica, o governo do Estado do Amazonas de acordo com a Lei Nº 3.167, de 27 de agosto de 2007 que estabelece as normas disciplinadoras da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, decreta (nº 28.678/2009 de 16 de junho de 2009) a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu e o seu Regimento Interno, com o objetivo de proteger e recuperar os seus recursos hídricos. Gestão está feita por um conjunto de órgãos e instituições governamentais e não-governamentais, que assumem cada um, responsabilidades e funções, entre as quais: coordenar, arbitrar os conflitos, implementar a política estadual dos recursos hídricos, planejar, regular, controlar o uso, preservar e recuperar os recursos hídricos. Assim esse trabalho se propõe a realizar uma análise da experiência de gestão dos recursos hídricos no Estado do Amazonas através da criação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, destacando os planos de ação e as metas prioritárias da gestão, para fornecer subsídios voltados para a construção de alternativas advindas das dificuldades de gestão compartilhada. Neste contexto de grande relevância hídrica, o governo do Estado do Amazonas de acordo com

a Lei Nº 3.167, de 27 de agosto de 2007 que estabelece às normas disciplinadoras da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, considerando a necessidade de regulamentar a competência, a estrutura e a forma de funcionamento do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu. Aprova (Decreto nº 28.678/2009 de 16 de junho de 2009) a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu e o seu Regimento Interno. Onde destaca-se o Art. 1º e Art. 2º da constituição e natureza.

Art. 1º O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, doravante designado simplesmente Comitê, é órgão colegiado, de caráter consultivo e deliberativo, regido pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, com instituição prevista pela Lei nº 3.167, de 28 de agosto de 2007, com atuação na Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, no Estado do Amazonas, tendo sua competência, estrutura e forma de funcionamento regulados pelo presente Regimento.

Art. 2º A Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu é uma unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento, que reconhece o recurso hídrico como um bem público de valor econômico, cuja utilização deve ser submetida à cobrança, mediante outorga, observados os aspectos de quantidade, qualidade e peculiaridades. (REGIMENTO INTERNO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TARUMÃ-AÇU- Decreto nº 28.678/2009 de 16 de junho de 2009).

Jefferson Rodrigues de Quadros em seu artigo A (IN)EFETIVIDADE DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO AMAZONAS sintetiza a situação:

“Não obstante os instrumentos concebidos pelo art. 4º da Lei Estadual nº 3.167/2007 padecerem de efetividade, o Estado ainda carece de Comitês de Bacias Hidrográficas que venham a cumprir com as atribuições legais – o que talvez possa conduzir na explicação de muitos questionamentos acerca da tamanha inefetividade das políticas hídricas. Atualmente, o Estado do Amazonas dispõe de apenas um Comitê de Bacia Hidrográfica formalmente reconhecido – o Comitê de Bacia do Rio Tarumã-Açu (CBH-T), localizado no entorno da cidade de Manaus. Embora ainda não reconhecido formalmente, no ano de 2014 foi constituído o segundo Comitê do Estado: o Comitê de Bacia do Puraquequara (CBH-P), também situado no entorno de Manaus. O CBH-T, embora constituído há quase dez anos e formalmente reconhecido pelo Estado, encontra-se, atualmente, obsoleto e em estado de inação em relação

ao cumprimento das suas atribuições legais e, conseqüentemente, comprometendo – negativamente - na ausência de efetividade do ordenamento jurídico relacionado à gestão dos recursos hídricos no Estado. Para se ter uma ideia da problemática, a última vez que o CBH-T se reuniu foi há mais de anos, atualmente, sequer tendo alguém que o represente, pois, os seus dirigentes renunciaram à representação. O CBH-P, por sua vez, constituído há pouco mais de um ano, ainda está se organizando. Todavia, indis põe de recursos financeiros para desempenhar com as suas atribuições, cujas despesas estão sendo desembolsadas às custas dos seus representantes que são moradores da Vila do Puraquequara. Caso não modificado o contexto perverso que culminou na mais absoluta letargia do CBH-T, o CBH-P estará fadado ao mesmo caminho: o da inefetividade. A falência da representação das instâncias sociais quanto à participação na gestão dos recursos hídricos no Estado pode ser explicada pela debilidade dos Comitês de Bacia Hidrográficas que enquanto órgãos representativos da sociedade civil na gestão dos recursos hídricos, não conseguem desempenhar as suas atribuições legais pela mais absoluta impossibilidade técnica e financeira. Assim, tendo apenas dois Comitês de Bacia, um em estado letárgico (Tarumã-Açu) e outro recém-constituído (Puraquequara), atualmente, o Estado do Amazonas está totalmente desprovido de Comitês de Bacias, o que, logicamente, compromete a gestão dos seus recursos hídricos”.

4.1.8 Espeleologia

A composição das rochas da formação Alter do Chão e intemperismo físico-químico que formou os espessos solos derivados da mesma na região da área de influência direta e indireta do empreendimento não são propícias a formarem cavernas. A pesquisa mineral feita pela empresa em toda região, em área de mais de 60 x 60 Km, com perfurações a trado nunca encontrou uma caverna. Estas seriam mais propícias de ocorrerem em rochas calcárias ou evaporitos (rochas compostas a base de sais) mais sujeitas a intemperismo químico e dissolução de seus minerais que ocorrem em outras cidades no estado do Amazonas. Outro tipo de cavernas que são geradas por alteração e posterior lavagem preferencial de minerais argilosos de camadas sedimentares adjacentes a arenitos cimentados ou crostas lateríticas resistentes a erosão, como ocorrem no município de Presidente Figueiredo.

REFERÊNCIAS

- AARTS, B. G. W. & NIENHUIS P. H. 2003. Fish zonation and guilds as the basis for assessment of ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia* 500: 157–178.
- ABINAM, Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais – <www.abinam.com.br>. Acesso jan. 2014.
- ABNT. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume. NBR 9547, Set. 1997.
- ACEITUNO, P. On the functioning of the southern oscillation in the South America sector - Part I: surface climate. *Monthly Weather Review*, 116 (3): 505 - 524, 1988.
- ACGIH - AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HIGYENISTS (2009) Limites de Exposição para Substâncias Químicas e Agentes Físicos (TLV's) e Índices Biológicos de Exposição (BEI's). Ed. ABHO.
- ACGIH - AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HIGYENISTS (2009) Limites de Exposição para Substâncias Químicas e Agentes Físicos (TLV's) e Índices Biológicos de Exposição (BEI's). Ed. ABHO.
- AGUIAR, C.J.B., HORBE, M.A., R FILHO, S.F., LOPES, E.S., MOURA, U.F., ANDRADE, N.M. & DIÓGENES, H.S., 2002, Carta hidrogeológica da cidade de Manaus. CPRMAM Manaus, Relatório Interno.
- ALBUQUERQUE, O. R. 1922. Reconhecimentos geológicos no Vale do Amazonas. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, 3, 84 p.
- AMAZONAS. LEI Nº 3.167, DE 27 DE AGOSTO DE 2007. Estabelece as normas disciplinadoras da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial do Estado. Estado do Amazonas, AM – Brasil*, 2007.
- ANA. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: ANA – Agência Nacional de Águas. 2005. *Cadernos de Recursos Hídricos*. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>>. Acesso em: jun. 2015.
- ARAGÃO A. F.; ARAÚJO R. L. C.; CARVALHO J. S.; SILVA J. R. S.; PALHA W. S. M. 1996. Pesquisa de fluxo geotermal raso na cidade de Manaus. In: SBG, Workshop de Geofísica Aplicada ao Meio Ambiente, 1, Belém, Anais: 57-59.
- ASTM, I. Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction). v. 1, p. 1–5, 2011.
- BARBOSA G.V. COSTA, R.C.R., NATALI T. FILHO, OLIVEIRA A.B. 1978. In: BRASIL. Projeto RADAM. Geomorfologia da Folha SA.20-Manaus. DNPM, Geomorfologia, Levantamento de Recursos Naturais, Rio de Janeiro, 167-224.

BARROS, Gomes; BENACON, Sarah Hanna Oliveira; BORGES, João Tito ASPECTOS DE QUALIDADE E USOS MÚLTIPLOS DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA NO MUNICÍPIO DE MANAUS – AM. ANAIS II ECOENG. FACULDADE FUCAPI, 2015.

BORDALO, C. A. L. e Costa, F. E. V. Uma experiência amazônica de gestão dos recursos hídricos: a criação do comitê de microbacia hidrográfica do rio tarumã-açu, Manaus – AM – Brasil. SEDUC/PA – PPGEU/UFPA e FGC/PPGEU/UFPA. Julho, 2010.

BRASIL (1976) Portaria 3214, Norma Regulamentadora N. 9, de 08/06/1978. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.

BRASIL (1976) Portaria 3214, Norma Regulamentadora N. 9, de 08/06/1978. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março. Brasília: D.O.U. 18/03/2005. Disponível em: <mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em jan. 2014.

BRASIL. Decreto lei nº 7841, de 08 de agosto de 1945. Código de Águas Minerais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 ago. 1945. Disponível em: <<http://www.elegis.bvs.br/leisref/public/showAct.php>>. Acesso em: jan 2014.

BRASIL. Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Código de Mineração. In: Código de Mineração e Legislação Correlata. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral do Ministério de Minas e Energia, Ed. Ver., 1984. p. 22-54.

BRASIL. NBR 10.151 - Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Junho/2000 (ABNT).

BRASIL. NBR 10.151 - Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Junho/2000 (ABNT).

BRASIL. Portaria 358, de 08 de outubro de 2009 do Departamento Nacional de Produção Mineral. Altera a Portaria 387, de 19 de setembro de 2008. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 set. 2009. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: jan. 2014.

Brinkman, W.L.F. e Ribeiro, M.N.G. Air temperatures in Central Amazônia. III Vertical temperature distribution on a clearcut area and in a secondary forest near Manaus (cold front conditions July 10th 1969). Acta Amazônica, 2(3): 25 - 29, 1972.

BRITO M.A.G., COUTINHO G.K., CRUZ Z.O., MAGALHÃES R., FRANZINELLI E. 1994. Contribuição à sedimentologia das praias do baixo rio Negro/AM. In: SBG, Núcleo Norte, Simp. Geol. Amaz., 4, Belém. Anais: 188 – 203.

CALCULATION of monthly and annual 30-year standard normals. Geneva, 1989. (WMO. Technical document, n. 341; WCDP, n.10).

CAPUTO, M.V., RODRIGUES, R., VASCONCELOS, D.N.N. 1972. Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Rio Amazonas. In: Cong. Bras. Geol., 26, Belém. Anais, 3: 35 – 46.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NA REGIÃO DE MANAUS – AM CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista on line
<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/> ISSN 1678-6343 Instituto de Geografia UFU Programa de Pós-graduação em Geografia Caminhos de Geografia Uberlândia v. 14, n. 46 Jun/2013 p. 93–100 Página 93.

CARVALHO, A.M.G. Conexões entre a circulação em altitude e a convecção sobre a América do Sul. Dissertação de Mestrado (PI INPE 4923 - TDL 283) - INPE. São José dos Campos, 121 p., 1989.

CARVALHO, J.S. 1992. Mapa Bouguer da região metropolitana de Manaus. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo. Anais, 2: 398 – 400.

CARVALHO, J.S. 1993. Interpretação preliminar de informações gravimétricas disponíveis sobre a Região Metropolitana de Manaus. In: SBG, Congr. Intern. Soc. Bras. Geofísica, 3, Rio de Janeiro. Anais, 2: 790 -792.

CAVALCANTI, I.F.A. Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais. Dissertação de Mestrado (PI INPE 2492 - TDL 097) - INPE. São José dos Campos, 113 p., 1982.

COEHN, J.C.P.; Silva Dias, M.A.F.; Nobre, C.A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 4(11): 34 - 40, 1989.

COEHN, J.C.P.; Silva Dias, M.A.F.; Nobre, C.A. Environmental conditions associated with Amazonian Squall Lines: a case study. Monthly Weather Review, 123(11): 3163 - 3174, 1995.

COMITÊS DE BACIA AMAZONAS. <http://www.amazonas.am.gov.br/2014/07/governo-do-amazonas-instala-o-comite-da-bacia-do-puraquequara/>; acesso: 27/08/2015.

CORREIA, Francis Wagner Silva; MANZI, Antônio Ocimar; Regina Célia dos Santos ALVALÁ (2006). Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA). Revista Brasileira de Meteorologia. v.21, n.3a, 153-167.

COSTA, Eduardo Bulcão da Silva; Silva, Clauzionor Lima da; Márcio Luiz da Silva.

CPRM. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Alter do Chão no Estado do Amazonas. Bacia Sedimentar do Amazonas. Carlos José Bezerra de Aguiar, Maria Antonieta Alcântara Mourão, Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

CUNHA, M.C.; Tomaz, E.L.; Vestena, L.R. www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0317.pdf. Consultado em 03/05/2016.

CUTRIM, E., Martin, D.W., Rabin, R. Enhancements of cumulus cloud cover over deforested lands in Amazonia. Bulletin of American Meteorological Society, 76(10): 1801 - 1805, 1995.

DNPM. Portaria DNPM nº 254, de 30/06/2010. Estabelece regras de transição para aplicação do item 4.5.7 da Norma Técnica nº 001/2009, aprovada pela portaria nº 374, de 1º de outubro de 2009.

EPA. 40 CFR Part 50 National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule. Federal Register. v. 71, n. 200. 2006.

FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. **Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America**. *Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, 5(6): 36 - 45, 1990.

HORBE, Adriana Maria Coimbra; Gomes, Israel Leibnitz Ferreira.; Miranda, Sebastião Fonseca; Rocha da Silva, Maria do Socorro. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus - *AM Acta Amazônica*. vol.35 no.2, Manaus, abril-junho 2005.

HORTON, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*. 56: 275-370.

JONES, C.; HOREL, J.D. A note on the upper level divergence field over South America during the summer season. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 5(2): 411 - 416, 1990.

JUNK, W.J. (1980). Áreas inundáveis – um desafio para limnologia. *Acta Amazônica*, 10(4), pp 775-795.

JUNK, W.J. (1997). “Structure and function of the large Central Amazonian river-floodplains: Synthesis and discussion”, in: JUNK, W.J. (ed.): *The central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing System*, pp. 455-472.- *Ecological Studies*, 126, Springer-Verlag, Heidelberg.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. in: DOGE, D.P.(ed.). *Proc. Int. Large River Symp (LARS) – Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106, pp.110-127.

KAYANO, M.T.; Moura, A.D. O El-Niño de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul. *Revista Brasileira de Geofísica*, 4(1-2): 201 - 214, 1986.

KOUSKY, V.E. e Kagano, M.T. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region. *Acta Amazônica*, 11(4): 743 - 758, 1981.

LANNA A. E. L. Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 1995.

MARENGO, J. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. *International Journal of Climatology*, 15 (9), 995-1010. 1995;.

MARENGO, J. INTERANNUAL variability of surface climate in the Amazon basin. *International Journal of Climatology*, 12 (8), 853-863, 1992.

MARENGO, J., DRUYAN, L., HASTENRATH, S. Observational and modelling studies of Amazonia interannual climate variability. *Climatic Change*, 23 (3), 267-286, 1993.

- MARENGO, J., HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. *Journal of Climate*, 6 (4), 617-627, 1993.
- MARQUES Filho, A. de O., Góes Ribeiro, M.N., Fattori, A.P., Fisch, G., Januário, M. Evaporação Potencial de Florestas. *Acta Amazônica*, 16/17(único): 277 - 292, 1986.
- MARQUES, J., SALATI, E., Santos, J.M. Cálculo da evapotranspiração real na Bacia Amazônica através do método aerológico. *Acta Amazônica*, 10(2): 357 - 361, 1980.
- MATSUYAMA, H. The water budget in the Amazon River Basin during the FGGE Period. *Journal of Meteorological Society of Japan*, 70(6): 1071 - 1083, 1992.
- MOLION, L.C.B. Amazonia rainfall and its variability. In: *Hydrology and water management in the humid tropics*". Bonell, M., Hufschmidt, M.M., Gladwell, J.S. (eds.). *International Hydrology Series*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, p. 99 - 111, 1993.
- MOLION, L.C.B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2(1): 107 - 117, 1987.
- MOLION, L.C.B. Climatonic study of the energy and moisture fluxes of Amazon Basin with consideration of deforestation effects. PhD Thesis. Department of Meteorology, University of Wisconsin. (PI INPE-923 TPT/035), 140 p, 1975.
- MOLION, L.C.B. e Carvalho, J.C. Southern Oscillation and river discharge of selected rivers of tropical south america. In: *Conference of Geophysical Fluid Dynamics with special emphasis on "El Niño*. Ministério da Ciência e Tecnologia e Centro Latinoamericano de Física. São José dos Campos, 13-17 July 1987. p. 343 – 354.
- MOLION, L.C.B. e Dallarosa, R.L.G. Pluviometria da Amazônia: são os dados confiáveis? *Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, 5(3): 40 - 42, 1990.
- NIÑO/Southern Oscillation episode. Relatório Técnico INPE 3408 - PRE/677, 4p., 1985.
- NIOSH (1994) National Institute of Occupational Safety and Health. *Manual of Analytical Methods*.
- NIOSH (1994) National Institute of Occupational Safety and Health. *Manual of Analytical Methods*.
- NOBRE, C.A. e Oliveira, A. Precipitation and circulation anomalies in south america and the 1982-83 El Niño/Southern Oscillation episode. In: *Conference of Geophysical Fluid Dynamics with special emphasis on "El Niño*.- Ministério da Ciência e Tecnologia e Centro Latinoamericano de Física. São José dos Campos, 13-17 July 1987. p. 325 – 328.
- NOBRE, C.A. e Rennó, N.O. Droughts and floods in south America due to the 1982-1983 El Niño. *Relatório Técnico INPE 3407 - PRE/676*, 4 p. 1985.
- OLIVEIRA, A.P. de e Fitzjarrald, D.R. The Amazon river breeze and the local boundary layer: I - Observations. *Boundary Layer Meteorology*, 63(1-2): 141 - 162, 1993.

OLIVEIRA, A.S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia. Dissertação de Mestrado (PI INPE 4008 - TDL 239) - INPE. São José dos Campos, 246 p., 1986.

PACHECO, A. C. (1984) Análise das características técnicas e da legislação para uso e proteção das águas subterrâneas em meio urbano - Município de São Paulo. São Paulo, 174p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

PAIVA, E.M.C. D. de, Clarke, R.T. Time trends in rainfall records in Amazonia. *Bulletin of American Meteorological Society*, 76(11): 2203 - 2209, 1995.

RICHEY, J.E.; Nobre, C.; Deser, C. Amazon river discharge and climate variability: 1903 to 1985. *Science*, 246: 101 - 103, 1989.

ROCHA, H.R. da, Nobre, C.A., Barros, M.C. Variabilidade natural de longo prazo no ciclo hidrológico da Amazônica. *Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, 4(12): 36 - 42, 1989.

SALATI, E. e Marques, J. Climatology of the Amazon region. In *The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Sioli, H. (ed.). Dr. W. Junk Publishers, 763 p. 1984.

SALATI, Enéas (1983). O clima atual depende da floresta. As águas da região amazônicas. In: ____ et al. [org.] *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. São Paulo: Brasiliense/Brasília/CNPq, p. 15-44.

SANTOS, I.A. Variabilidade da circulação de verão da alta troposfera na América do Sul. Dissertação de Mestrado - USP. São Paulo, 95 p., 1986.

SANTOS, U. M.; RIBEIRO, M. N. G. 1988. A hidroquímica do rio Solimões - Amazonas. *Acta Amazônica*, 18 (3/4): 145-173.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Agência Nacional da Água. Brasília, 2000.

SHAFT CONSULTORIA. *Estudo Hidrogeológico da Cidade de Manaus: Relatório Final*. Manaus: Águas do Amazonas, 2005. v.1.

SHUTTLEWORTH, W.J. Evaporation from Amazonian rain forest. *Proceedings of Royal Society of London, série B*, 233 (1272): 321 - 346, 1988.

SHUTTLEWORTH, W.J.; GASH, J.H.C.; LLOYD, C.R.; MOORE, C.J.; ROBERTS, J.M.; MOLION, L.C.B.; Nobre, C.A.; Sá, L.D. de A.; MARQUES Filho, A.O.; FISCH, G.; Januário, M.; FATTORI, A.P.; RIBEIRO, M.N.G.; CABRAL, O.M.R. Amazonian Evaporation. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2(1): 179 - 191, 1987.

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Banco de Dados Hidrogeológicos. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2004. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 01 jan.2014.

SOUZA L. S. B.; VERMA O. P. Mapeamento de aquífero na cidade de Manaus / AM (zonas norte e leste) através de perfilagem geofísica de poço e sondagem elétrica vertical. *Revista de Geologia*, Vol. 19, nº 1, 111-127, 2006.

STRAHLER, A. N. 1958, Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms, *Bulletin of Geological Society of America*, 279-300.

TANCREDI, A. C. F. N. S., 1996. Recursos hídricos subterrâneos de Santarém: fundamentos para uso e proteção. Tese de Doutorado Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 146pp.

UGUCIONE, C.; CARDOSO, A. A.; GOMES, J. DE A. Método colorimétrico para determinação de dióxido de nitrogênio atmosférico com pré-concentração em coluna de C-18. *Química Nova*, v. 25, n. 3, p. 353– 357, 2002.

VANNOTE, R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R. & CUSHING C. E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37:130–137.

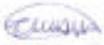
VILLA NOVA, N.A., SALATI, E., MATSUI, E. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazônica*, 6(2): 215 - 228; 1976.

WINEMILLER, K. O.; AGOSTINHO, A. A.; CARAMASCHI, E. P. Fish ecology in tropical streams. 2008. In: DUDGEON, D. (Ed.). *Tropical stream ecology*. San Diego: Academic Press, cap. 5, p.107-146. ISBN 978-0-12-088449-0.

WRIGHT, I.R.; Gash, J.H.C.; Rocha, H.R.; Shuttleworth, W.J.; Nobre, C.A.; Maitelli, G.T.; Zamparoni, C.A.G.P.; Carvalho, P.R.A. Dry season micrometeorology of central amazonian ranchland. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 118 (508): 1083 - 1099, 1992.

ANEXOS

ANEXO 1 - CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO

PLANILHA DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS (1)							
(PARA USO POSTERIOR COM VALORES MÉDIOS DA TEMPERATURA (T ₃) E DA PRESSÃO (P ₃) DURANTE A AMOSTRAGEM)							
DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO							
AGV PTS N°	----			Registrador N°	----		
Local:	AM010 - Km 42	Data:	15/10/15	Hora:	11:09		
P ₂ =	753,96	mm Hg	T ₂ =	26,1	°C	299,1	K
P _p =	760 mm Hg						
T _p =	298 K (25 °C)						
Realizada por:	José Lozano			Supervisionada por:	Erickson		
DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIBR.)							
Número do CPV:	CPV-0668			Última Calibração:	12/12/14		
Relação (Reta) de Calibração:							
Inclin. a ₁ :	3,0190	Interc. b ₁ :	0,0250	Corr. r ₁ :	0,9990		
Para cálculo de Q _p na Coluna (4) abaixo, usar a expressão:							
$Q_p = \frac{1}{a_1} \left[dH_c \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right) - b_1 \right]$							
MEDIDAS DA CALIBRAÇÃO							
1	2	3	4	5	6	7	8
Placa	dH _c (cm H ₂ O)			'	Q _p	D	''
	p/ cima	p/ baixo	total				
18	10,2	10,5	20,7	4,5233	1,490	6,00	2,4352
13	8,5	7,8	16,3	4,0138	1,321	3,70	1,9124
10	7,2	5,8	13,0	3,5846	1,179	2,60	1,6031
7	5,9	5,3	11,2	3,3272	1,094	2,30	1,5078
5	5,0	4,5	9,5	3,0643	1,007	1,40	1,1763
$(*) = \sqrt{dH_c \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)}$				$(**) = \sqrt{D \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)}$			
RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS/REGRESSÃO LINEAR - MÍNIMOS QUADRADOS							
$Y = a_2 X + b_2$				$\sqrt{D \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)} = a_2 Q_p + b_2$			
Inclinação da reta (a ₂) =				2,4632	Intercepto da reta (b ₂) =		-1,2737
Coeficiente de correlação (r ₂) =				0,9914			
PARA USO POSTERIOR NAS AMOSTRAGENS							
$X = \frac{1}{a_2} (Y - b_2)$				$Q_p = \frac{1}{a_2} \left[\sqrt{D \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)} - b_2 \right]$			
Responsável:				Data: 15/10/2015			
	Cristine Machado						

PLANILHA DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS (1)							
(PARA USO POSTERIOR COM VALORES MÉDIOS DA TEMPERATURA (T ₂) E DA PRESSÃO (P ₂) DURANTE A AMOSTRAGEM)							
DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO							
AGV PTS Nº	----			Registrador Nº	----		
Local:	AM010 - Km 32	Data:	16/10/15	Hora:	12:30		
P ₂ =	754,86	mm Hg	T ₂ =	29,5	°C	302,5	K
P ₀ = 760 mm Hg	T ₀ = 298 K (25 °C)						
Realizada por:	José Lozano			Supervisionada por:	Erickson		
DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIBR.)							
Número do CPV:	CPV-0668			Última Calibração:	12/12/14		
Relação (Reta) de Calibração:							
	Inclin. a ₁ :	3,0190	Interc. b ₁ :	0,0250	Corr. r ₁ :	0,9990	
Para cálculo de Q _p na Coluna (4) abaixo, usar a expressão:							
$Q_p = \frac{1}{a_1} \left[dH_c \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right) - b_1 \right]$							
MEDIDAS DA CALIBRAÇÃO							
1	2	3	4	5	6	7	8
Placa	dH _c (cm H ₂ O)			*	Q _p	D	**
	p/ cima	p/ baixo	total		m ³ /min	Deflexão	
18	11,2	9,5	20,7	4,5005	1,482	5,60	2,3408
13	9,8	8,1	17,9	4,1850	1,378	4,80	2,1672
10	8,2	6,3	14,5	3,7667	1,239	3,50	1,8506
7	6,7	4,2	10,9	3,2658	1,073	2,30	1,5002
5	5,0	4,5	9,5	3,0488	1,002	1,40	1,1704
$(*) = \sqrt{dH_c \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)}$				$(**) = \sqrt{D \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)}$			
RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS/REGRESSÃO LINEAR - MINIMOS QUADRADOS							
$Y = a_2 X + b_2$				$\sqrt{D \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)} = a_2 Q_p + b_2$			
Inclinação da reta (a ₂) =			2,3539	Intercepto da reta (b ₂) =			-1,1011
Coeficiente de correlação (r ₂) =			0,9907				
PARA USO POSTERIOR NAS AMOSTRAGENS							
$X = \frac{1}{a_2} (Y - b_2)$				$Q_p = \frac{1}{a_2} \left[\sqrt{D \left(\frac{P_2}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_2} \right)} - b_2 \right]$			
Responsável:	 Cristine Machado			Data:	16/10/2015		



Massa
Volume
Física e Química

1 Solicitante

Labyrinth Produtos para Laboratórios Ltda
Avenida Doutor Ulysses Guimarães, 3857
09990-080 - Diadema - SP

2 Constante

O mesmo

3 Descrição do instrumento

Pesos-padrão: 1 mg a 200 g - Qtd.: 6
Fabricante: KN Waagen
Identificação: Não consta
N.º série: 14280701
Classe: F1 - OIML

4 Informações complementares

Processo N.º: 14002807
Data de calibração: 06/12/14
Data de emissão: 06/12/14

5 Procedimento de calibração

A calibração é realizada pelo método de comparação direta, utilizando-se pesos-padrão do Laboratório de Massa da KN Waagen, classificados segundo a OIML, de acordo com a Instrução Técnica IT-21 rev. 03.

6 Condições ambientais

As condições ambientais do laboratório, estão de acordo com as condições estabelecidas pela recomendação R 111:2004 da OIML e em conformidade com a portaria 233/94 do Inmetro.

Temperatura de 20,1 °C até 21,5 °C.
Umidade relativa do ar de 47,6 % até 48,9 %.
Pressão atmosférica de 923 hPa até 925 hPa.

7 Rastreabilidade

Peso(s)-padrão:

PTM10, classe E2, cert.: M-49645/14, válido até 13/04/15

Balança(s):

RE.05 mod.: CC20, cert.: B-36767/14, válido até 31/10/15
RE.02 mod.: RC210P, cert.: B-36798/14, válido até 31/10/15

8 Responsabilidades

Executante: Sandrelli Freire da Costa - Técnico metrologista

Bruno Nunes da Silva
Signatário Autorizado

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

- 10 -



9 Resultados da calibração

Massa
Volume
Física e Química

Identificação / Marcação	Massa Nominal (g)	Valor Encontrado (g)	Incerteza da Calibração (mg)	Material	Formato	Massa Específica (kg/m ³)
Não consta	0,001	0,001003	0,006	Alumínio	Fio metálico	2700
Não consta	0,010	0,010004	0,008	Níquel cromo	Fio metálico	8300
Não consta	0,100	0,100008	0,015	Níquel cromo	Fio metálico	8300
Não consta	1	1,000008	0,030	Aço inoxidável	Botão	8000
Não consta	10	10,000030	0,060	Aço inoxidável	Botão	8000
Não consta	200	200,00016	0,30	Aço inoxidável	Botão	8000

10 Notas

O valor de massa convencional dos pesos estão de acordo com os limites de erro permitido para a classe F1, segundo a OIML R111.

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2$, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente ao instrumento acima caracterizado, não sendo extensivos a quaisquer lotes.

Permitida somente reprodução integral deste certificado. O uso promocional requer autorização formal da KN Waagen.

A Cgcre é signatária do Acordo Bilateral de Reconhecimento Mútuo com a EA - European Co-operation for Accreditation.

Uma cópia deste certificado é arquivada durante 2 anos.

RELATÓRIO DE ENSAIO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO

Número do relatório:	CPV-GV-205/14	Data de emissão:	12/12/14	Número da TAG / AS:	466
				(uso interno)	

DADOS DO CLIENTE

Solicitante:	Instituto de Ciências Exatas - ICE-UFAM
Endereço:	Av. Rodrigo Otávio, nº 6200 - Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho - Setor Norte - Coroado I, Manaus - AM CEP: 69077-000
Serviço:	Ensaio do Calibrador Padrão de Vazão (CPV) na faixa de 1,0 a 1,8 m³/min

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA A ENSAIAR

Equipamento:	Calibrador Padrão de Vazão, do tipo orifício, para Amostradores de Grande Volume (AGV)
Modelo:	CPV-GV
Identificação:	CPV-0668

DADOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO ENSAIO

Data de recebimento:	Material novo	Temperatura:	23,5 °C (T ₁)
Data do ensaio:	12/12/14	Pressão:	756,3 mmHg (P ₁)
Local do ensaio:	LME / Energética	Umidade:	41 %

NORMAS E PROCEDIMENTOS

- Método externo: ABNT NBR 9547:1997 - Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume, parágrafo 4.8.
- Método interno: IT-010 - Ensaio do calibrador padrão de vazão, do tipo orifício, para médio e grande volume, revisão 01.

EQUIPAMENTOS E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Equipamento	Data calib.	Data venc.	Laboratório	Nº certificado	Rastreabilidade
MDRT-001	Medidor Roots	27/05/14	27/05/15	IPT	138 135-101	RBC - CAL 0162
TH-001	Termohigrômetro Digital	12/02/14	12/02/15	CTJ	H-0096/14	RBC - CAL 0477
BAR-005	Barômetro	22/07/14	22/07/15	CTJ	P-2583/14	RBC - CAL 0477
CRO-003	Cronômetro	15/01/14	15/01/15	MEC-Q	E1351714	RBC - CAL 0149
MANU-001	Manômetro de coluna tipo U	06/11/13	06/11/15	Skillech	SKP 13110371	RBC - CAL 0400
MANU-009	Manômetro de coluna tipo U	18/04/13	18/04/15	IOPE	RT-011-13/747rev.01	RBC - CAL 0073

NOTAS

- Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do Laboratório.
- Nas Tabelas 2 e 3, o número após o símbolo \pm é o valor numérico da incerteza expandida U, que é baseada em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrangência k, que para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95,45%.
- As incertezas-padrão de medição foram determinadas de acordo com a NIT-DICLA-021 - Expressão da Incerteza de Medição por Laboratório de Calibração.
- Este relatório é válido somente para o item ensaiado e só pode ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita do laboratório.
- AGV PTS: Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão (cálculos em condições padrão).
- AGV MP₁₀: Amostrador de Grande Volume para Partículas Inaláveis (cálculos em condições reais).
- As condições padrão, conforme Resolução 3 do Conama, são aquelas para 25 °C / 298 K (T_p) e 760 mmHg (P_p).
- Conama: Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- Com os dados da Tabela 2, o usuário pode construir a relação de calibração em papel milimetrado para condições reais e padrão, plotando os valores de vazão no eixo dos X (abscissa) e o valores de ΔH_{cor} no eixo dos Y (ordenada). Entretanto, o usuário tem a opção de utilizar a equação de uma reta como aproximação de relação de calibração, como é apresentado na Tabela 3.

REQUISITOS DA NBR 9547:1997 e NBR 13412:1995

- Para o AGV PTS: Um gráfico de certificação deve permitir leitura com aproximação de 0,02 m³/min nas condições padrão.
- Para o AGV MP₁₀: A relação com o padrão primário deve apresentar exatidão de 2% dentro da faixa de condições reais de temperatura e pressão nas quais o calibrador padrão de vazão deve ser utilizado.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Nenhuma.

RELATÓRIO DE ENSAIO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO

Número do relatório:	CPV-GV-205/14	Data de emissão:	12/12/14	Número da TAG / AS:	466
				(uso interno)	

TABELA 1 - VALORES MEDIDOS					EQUAÇÕES	
Tensão (volts)	Tempo (t _i) (min)	ΔH _i (cmH ₂ O)	ΔP (mmHg)	V _m (m ³)	$Q_c = \frac{V_m}{t_i} \times \left(\frac{P_i - \Delta P}{P_i} \right)$	$Q_p = \frac{V_m}{t_i} \times \left(\frac{P_i - \Delta P}{760} \right) \times \left(\frac{298}{T_i} \right)$
40	4,08	8,8	5,2	4,0	$\Delta H_{corr} = \sqrt{\Delta H_i \times \left(\frac{T_i}{P_i} \right)}$	$\Delta H_{corr} = \sqrt{\Delta H_i \times \left(\frac{P_i}{760} \right) \times \left(\frac{298}{T_i} \right)}$
50	3,44	12,2	7,2	4,0		
55	3,19	14,1	8,2	4,0		
65	2,81	18,1	10,5	4,0		
75	2,53	22,1	13,0	4,0		
85	2,30	26,6	15,7	4,0		

TABELA 2 - VALORES CALCULADOS						
Tensão (volts)	Condições Reais				Condições Padrão	
	Eixo X Vazão (Q _c) (m ³ /min)		Eixo Y ΔH _{corr} (cmH ₂ O) ^{1/2}		Eixo X Vazão (Q _p) (m ³ /min)	Eixo Y ΔH _{corr} (cmH ₂ O) ^{1/2}
40	0,975 ± 0,018 (k=2,32 ; veff=4)		1,863 ± 0,028 (k=2,11 ; veff=23)		0,971 ± 0,018 (k=2,28 ; veff=10)	2,963 ± 0,044 (k=2,11 ; veff=23)
50	1,152 ± 0,014 (k=2,00 ; veff=∞)		2,192 ± 0,020 (k=2,01 ; veff=237)		1,148 ± 0,014 (k=2,00 ; veff=∞)	3,486 ± 0,032 (k=2,01 ; veff=237)
55	1,240 ± 0,016 (k=2,01 ; veff=272)		2,355 ± 0,019 (k=2,01 ; veff=241)		1,235 ± 0,015 (k=2,01 ; veff=306)	3,747 ± 0,030 (k=2,01 ; veff=241)
65	1,400 ± 0,017 (k=2,00 ; veff=∞)		2,667 ± 0,017 (k=2,01 ; veff=252)		1,395 ± 0,017 (k=2,00 ; veff=∞)	4,244 ± 0,027 (k=2,01 ; veff=252)
75	1,552 ± 0,018 (k=2,00 ; veff=∞)		2,946 ± 0,018 (k=2,10 ; veff=26)		1,547 ± 0,019 (k=2,00 ; veff=∞)	4,687 ± 0,029 (k=2,10 ; veff=26)
85	1,702 ± 0,019 (k=2,00 ; veff=∞)		3,238 ± 0,015 (k=2,01 ; veff=285)		1,696 ± 0,020 (k=2,00 ; veff=∞)	5,151 ± 0,023 (k=2,01 ; veff=285)

TABELA 3 - RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO (Regressão linear: Y = a ₁ X + b ₁)		
Amostrador	AGV MP ₉₃	AGV PTS
Equação utilizada	$\sqrt{\Delta H_i \times \left(\frac{T_i}{P_i} \right)} = a_1(Q_c) + b_1$	$\sqrt{\Delta H_i \times \left(\frac{P_i}{760} \right) \times \left(\frac{298}{T_i} \right)} = a_1(Q_p) + b_1$
Inclinação (a ₁)	1,891 ± 0,023 (k=2,87 ; veff=4)	3,019 ± 0,037 (k=2,87 ; veff=4)
Intercepto (b ₁)	0,016 ± 0,032 (k=2,87 ; veff=4)	0,025 ± 0,050 (k=2,87 ; veff=4)
Correlação (r ₁)	0,999	0,999

TABELA 4 - TESTE DE CONFORMIDADE DA RETA OBTIDA						
Tensão (volts)	Vazão Q _c (m ³ /min)			Vazão Q _p (m ³ /min)		
	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (< 0,02 m ³ /min)	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (< 0,02 m ³ /min)
40	0,975	0,977	0,002	0,971	0,973	0,002
50	1,152	1,151	0,002	1,148	1,146	0,002
55	1,240	1,238	0,002	1,235	1,233	0,002
65	1,400	1,403	0,002	1,395	1,397	0,002
75	1,552	1,550	0,002	1,547	1,544	0,002
85	1,702	1,704	0,002	1,696	1,698	0,002

ENSAIADO POR:

Marcelo Matoso Marylia
 Marcelo Matoso Marylia

APROVADO POR:

Rosângela Rita Serpa Rajoy
 Rosângela Rita Serpa Rajoy
 Ger. do Laboratório - CRQ RJ-03250900

ANEXO 2 – RELATÓRIO DE QUALIDADE DO AR



Poder Executivo Federal
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Centro de Apoio Multidisciplinar
Central Analítica



RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Solicitante: João Tito Borges

Empresa: THT AMBIENTAL LTDA

APRESENTAÇÃO: Caracterização da qualidade do ar próximo ao km 40 da AM-010

Responsável: Profa. Dra. Cristine de Mello Dias Machado – Coordenadora do LAMESP / CAM-CA



1. OBJETIVO

Atender à solicitação da empresa THT Ambiental LTDA, para realizar avaliação da qualidade do ar próximo ao km 40 da AM-010, quanto aos parâmetros: partículas totais suspensas (PTS), partículas inaláveis finas (MP_{2,5}) e dióxido de nitrogênio (NO₂).

2. PERÍODO E LOCAL DA ANÁLISE

As coletas de PTS (partículas com diâmetro inferior a 100 µm) e MP_{2,5} (partículas com diâmetro inferior a 2,5 µm) foram feitas durante 24 horas iniciando nos dias 15 e 16 de outubro de 2015. As coletas de NO₂ foram realizadas durante 24 horas iniciando nos dias 01 e 02 de dezembro de 2015. Obteve-se, portanto, duas amostras de cada parâmetro.

Os locais de coleta foram selecionados próximo ao km 40 da rodovia AM-010, de forma a atender os requisitos de instalação e funcionamento dos equipamentos. Os ambientes possuíam boa ventilação, energia elétrica e segurança para os equipamentos. A tabela 1 apresenta os pontos de coleta georreferenciados:

Tabela 1 –Localização dos pontos de coleta de material particulado e NO₂.

DATA	PONTO DE COLETA	LOCALIZAÇÃO
15/10/2015	PONTO 1	59.9319 - 2.79401
16/10/2015	PONTO 2	59.9531 - 2.87813
01/12/2015	PONTO 1	59.9319 - 2.79401
02/12/2015	PONTO 2	59.9531 - 2.87813

3. MÉTODOS UTILIZADOS

O método para coleta de partículas totais seguiu a norma NBR 9547/1997.

Não há norma brasileira para coleta de partículas inaláveis finas. Portanto, adotou-se como referência a norma americana CFR40-Part 50 (EPA, 2006). Os equipamentos utilizados foram coletores de grandes volumes, conhecidos como *hi-vol*, cujos relatórios de calibração de campo seguem anexo. As partículas atmosféricas foram coletadas em filtros de quartzo previamente pesados em balança analítica. Após a coleta os filtros foram pesados novamente para obtenção da massa de material particulado em função do volume de ar coletado. Todas as pesagens foram feitas em triplicata até peso constante. Antes de cada pesagem os filtros foram acondicionados durante 24 horas em temperatura e ambiente controlados, conforme norma técnica. A umidade relativa permaneceu entre 20% e 45% com uma variação de ±5%. E a temperatura permaneceu entre 15 a 30°C com uma variação de ±3°C. O cálculo de concentração do material particulado foi feito a partir da massa em função do volume de ar coletado.



A coleta de NO_2 foi feita de forma ativa, utilizando cartuchos de sílica gel imobilizada com grupos octadecil (C-18), previamente limpos com solução aquosa de metanol 5%, impregnada com solução de trietanolamina/acetona/etilenoglicol, com vazão média de $1,2 \text{ L min}^{-1}$ (UGUCIONE et al, 2002). Esta coleta foi feita em triplicata. A extração do NO_2 sorvido no cartucho C-18 foi realizada com 5 mL de solução aquosa de metanol 5%. Ao extrato foi adicionado o reagente de Griess-Saltzman (ácido sulfanílico, N-(1-naftil)-etilenodiamina/ácido acético), sendo determinado por espectrofotometria em comprimento de onda de 540 nm. Como padrão utilizou-se soluções de nitrito de sódio P.A. Essa metodologia foi baseada na metodologia padrão do Standard Methods (ASTM, 2011).

4. RESULTADOS

Os resultados de concentração dos parâmetros avaliados estão descritos na tabela abaixo:

DATA	PARÂMETRO	CONCENTRAÇÃO
15/10/2015	PTS	$48,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	$\text{MP}_{2,5}$	$43,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
16/10/2015	PTS	$101,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	$\text{MP}_{2,5}$	$78,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
01/12/2015	NO_2	$33,8 \pm 0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
02/12/2015	NO_2	$8,7 \pm 0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

5. CONCLUSÃO

Os valores de concentração de PTS estão abaixo do valor recomendado pela resolução do CONAMA 03/1990 para 24 horas quanto aos padrões primário ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e secundário ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de qualidade do ar.

Para concentração de $\text{MP}_{2,5}$ não há regulamentação brasileira. Os valores obtidos nos dias 15 e 16 de outubro de 2015 excederam o estipulado pela norma americana em 17 % e 52 %, respectivamente.

Ressaltamos que os locais de coleta de material particulado foram diferentes, refletindo nos resultados obtidos. No dia 16/10/2015 foram observadas fontes potenciais de partículas atmosféricas próximas ao local de coleta, provenientes de movimentação veicular.

Os valores de concentração obtidos para NO_2 nos dias 01 e 02 de dezembro de 2015 também estiveram abaixo do estipulado pelo CONAMA 03/1990, segundo os padrões primário e secundário de qualidade do ar ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



6. REFERÊNCIAS

ABNT. **Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume.** NBR 9547, Set., 1997.

ASTM, I. **Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess- Saltzman Reaction).** v. 1, p. 1-5, 2011.

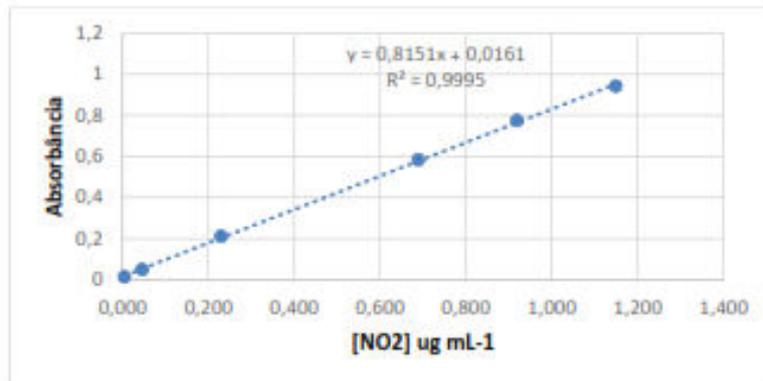
EPA. **40 CFR Part 50 National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule.** Federal Register. v. 71, n. 200. 2006.

CONAMA. **Controle da poluição do ar - PRONAR.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

UGUCIONE, C.; CARDOSO, A. A.; GOMES, J. DE A. Método colorimétrico para determinação de dióxido de nitrogênio atmosférico com preconcentração em coluna de C-18. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 353-357, 2002.

Cristine de Mello Dias Machado
Coordenadora do LAMESP / CAM-CA

CURVA ANALÍTICA OBTIDA COM NITRITO DE SÓDIO PADRÃO (NaNO₂)



Executante: Emanuelle Botelho

Data: 02/12/2015

Resp.: Cristine Machado

Assinatura:

ANEXO 3 - FOTOS DA INSTALAÇÃO DE AMOSTRAGEM DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS.



Foto 1 – Preparação para a coleta de poluentes atmosféricos ADA 1.



Foto 2 – Preparação para a coleta de poluentes atmosféricos ADA 1.



Foto 3 – Amostrador de PTS – ADA 1.



Foto 4 – Montagem do Amostrador de PTI – ADA 1.



Foto 5 – Amostrador de PTI.



Foto 6 – Amostrador de PTS – próximo à EMBRAPA.



Foto 7 – Amostrador de PTI – ADA.



Foto 8 – Montagem de Amostrador de PTI – ADA 1.



Foto 9 – Amostrador de PTS – ADA 1.



Foto 10 – Calibração de Amostrador de PTS – ADA 1.



Foto 11 – Calibração de Amostrador de PTS – ADA 1.

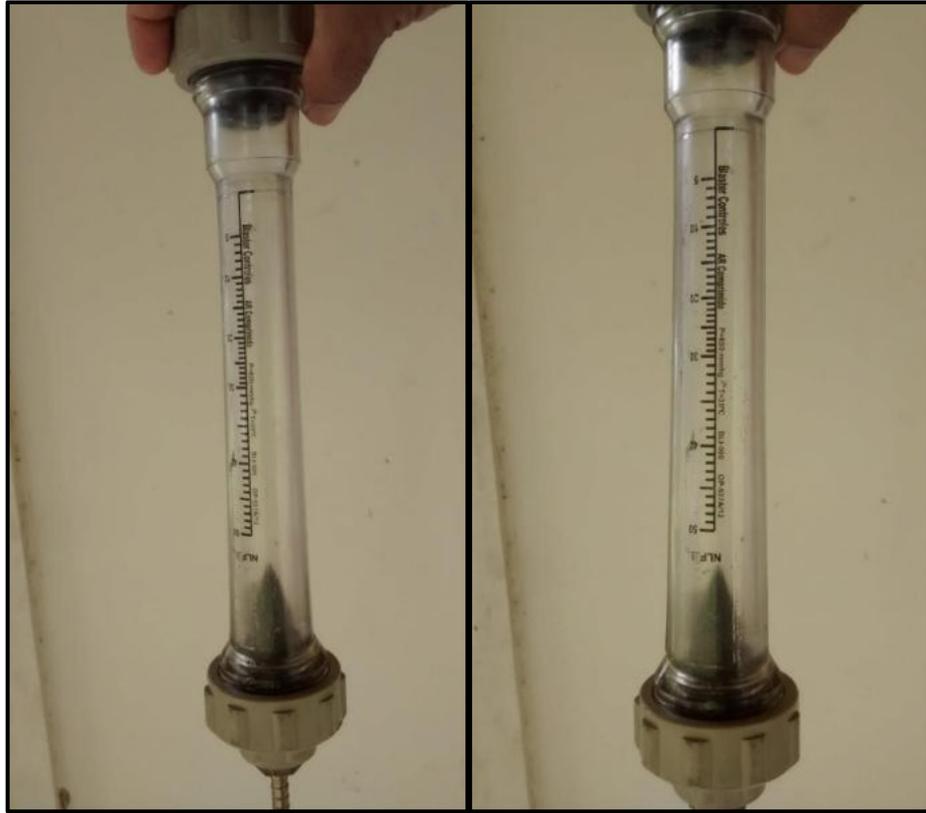


Foto 12 – Calibradores de Amostrador de NOx e SOx.



Foto 13 – Bomba Amostradora de NOx e SOx.



Foto 14 – Montagem de Calibradores de Amostrador de NOX e SOx.



Foto 15 – Calibradores de Amostrador de NOx e SOx.



Foto 16 – Amostradores de Amostrador de SOX.

ANEXO 4 - Variáveis de saída no arquivo (ASCII) gerado pelo modelo de trajetória utilizado neste estudo.

Tabela 1 - Variáveis de saída no arquivo (ASCII) gerado pelo modelo de trajetória utilizado neste estudo

DESCRIÇÃO DO ARQUIVO DE SAÍDA	FORMATO CARACTERES
Registro #1	
Número de grades meteorológicas utilizadas no cálculo;	I6
Registro #2: laço para o número de grids	
Identificação do modelo de meteorologia; Arquivo de inicialização de dados (ano, mês, dia, hora, hora prognóstica);	A8
Registro # 3	
Número de diferentes trajetórias no arquivo; Direção do cálculo da trajetória (para frente ou para trás); Método de cálculo empregado para expressar os movimentos verticais (omega, theta, etc.);	5I6
Registro # 4: laço para o número de diferentes trajetórias no arquivo	
Data de inicialização (ano, mês, dia e hora); Coordenadas de inicialização (latitude e longitude); Nível de inicialização acima do solo (metros);	I6
Registro #5	
Número (n) de variáveis diagnósticas de saída; Cabeçalho de identificação de cada variável:	
Pressão (KPa); Temperatura potencial – θ (K); Temperatura do ar (K); Taxa de precipitação (mm/h); Espessura da camada de mistura – MSL (m); Umidade relativa (%); Umidade específica (g/kg), Fluxo de radiação (W/m ²);	n(1X, A8)
Registro #6: laço para o número de horas da simulação	
Número de trajetórias	I6
Número da grade meteorológica ou número da trajetória antecedente	I6
Data do ponto (ano, mês, dia, hora e minuto)	5I6
Hora prognóstica do ponto	I6
Tempo de percurso da trajetória em horas	F8.1
Posição da trajetória (latitude e longitude)	2F9.3
Altura em metros acima do solo	1X, F8.1
Número (n) de variáveis diagnósticas de saída (1ª variável é sempre a pressão atmosférica)	n(1X, A8)

ANEXO 5 – Certificados de calibração e cadastro IPAAM



TOTAL SAFETY
CALLAB - Laboratório de Calibração e Ensaios da Total Safety

**CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
RBC - REDE BRASILEIRA
DE CALIBRAÇÃO**



Calibração
NBR ISO/IEC
17025
CAL 0307

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC2-9256-500

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Nome: Francisco Paulino Dutra de Medeiros	Data da calibração: 06/05/2015	
Endereço: Rua Doutor Machado, 108 - Centro - Manaus - AM - CEP 69020-090	Processo: 15315	
Equipamento: Calibrador de Nível Sonoro		
Fabricante: Instrutherm	Modelo: CAL-3000	
Número de Série: N289563	Classe: 1	
Identificação: --		

2- PADRÕES E INSTRUMENTAÇÃO

Descrição	Código	Certificado	Emitente	
Microfone: 1/2 polegada	P114	RBC2-8705-625	RBC	
Multímetro Digital	P160	RBC-13/0734	RBC	
Pré-amplificador	P162		Barômetro Digital	P106
Amplificador de Medição	P136		Higrômetro	P107
Multímetro Digital	P160		Termômetro	P108

3- INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Local da calibração:	Calibração realizada nas instalações do Callilab.
Procedimento:	IT-502: Método de calibração (por inserção de tensão) de acordo com a norma IEC 60942:1988.
Condições ambientais:	Temperatura: 22,0 °C, Umidade Relativa: 67 %, Pressão Atmosférica: 93,0 kPa.
Observações gerais:	1- Os resultados apresentados referem-se à média dos valores encontrados. 2- A Incerteza Expandida de Medição relatada é declarada como a incerteza padrão combinada de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. 3- O presente certificado de calibração é válido apenas para o calibrador de nível sonoro acima descrito, não sendo extensivo a quaisquer outros, ainda que similares. 4- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita do laboratório emitente. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

Cgcre is Signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement. Cgcre is Signatory of a Bilateral Mutual Agreement with EA. Cgcre is signatory of the IAAC Mutual Recognition Arrangement.

Página: 1/2

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) que avaliou a competência do laboratório e comprovou a sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades – SI)

R. Gal. Humberto de A. C. Branco, 310 – São Caetano do Sul – SP – CEP 09560-380 – Tel: (11) 4220-2600 / FAX: (11) 4220-2555

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC2-9256-500

4- RESULTADOS E DECLARAÇÃO DAS INCERTEZAS

Valor Nominal	Valor Medido	Tolerância	Incerteza	Unidade	k
94	93,9	0,3	0,2	dB	2,08
1000 (94 dB)	1000,2	20,0	0,1	Hz	2,00
114	114,2	0,3	0,2	dB	2,10
1000 (114 dB)	1000,2	20,0	0,1	Hz	2,00

Ajustes ou reparos (não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório):
 Os resultados desta calibração foram obtidos após ajuste do Calibrador de Nível Sonoro. Os valores anteriores ao ajuste eram: [93,2 ; 113,6] dB e [1000,2 ; 1000,2] Hz, correspondentes aos valores nominais: [94 ; 114] dB e [1000 ; 1000] Hz, respectivamente.

Opiniões e Interpretações (não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório):
 A calibração foi realizada com o adaptador de 1" para 1/2" acoplado, de propriedade do cliente. A utilização de outros adaptadores pode resultar níveis diferentes dos declarados neste certificado.


 E.M.S. Couveia
 Signatário Autorizado

Data da emissão: 06/05/2015

Página: 2/2



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº M000522001 Página 01/02

1.0	Contratante	: THY AMBIENTAL LTDA-ME		
	Endereço	: Av. CEL. SAVIO BELOTA, N.º 20-CIDADE NOVA		
	Intermediário	: O mesmo.		
2.0	Denominação	: <u>MEDIDOR DE NÍVEL SONORO (DECIBELÍMETRO)</u>		
	Faixa de Medição	: 30 a 130 dB		
	Valor de Uma Divisão	: 0,1 dB		
	Fabricante	: Minipa		
	Modelo	: MS1-1355		
	Identificação	: EE-1200368		
	Número de série	: EE-06100000218M		
3.0	Data da Calibração	: 04/11/2015	Próxima Calibração	: Novembro/2017
	Temperatura do Ar	: 32,5 ± 0,7°C	Umidade Relativa do Ar	: 55 ± 1%
4.0	Fator(es) Utilizado(s)			
	Fator	: Calibrador de Nível Sonoro		
	Identificação	: MPTQ-07701		
	Órgão Calibrador	: RDC - Minipa		
	Certificado Nº	: 4949A12		
	Data da Calibração	: 05/11/2012		
	Próxima Calibração	: Novembro/2016		
5.0	Procedimento de Calibração	: ME - MP Rev. 01		

- A calibração é constituída para a obtenção da expansão de um erro sistemático na indicação nominal do instrumento, sendo que através de pedrômetros metrológicos equivalentes a sinais de ruído para leitura, simula-se um sinal proporcional através de uma bancada múltiplas funções na escala equivalente do instrumento e herd-se uma tendência existente entre a diferença da indicação nominal com o valor verdadeiro convencional padrão.

6.0 Observações:

- ★ Realizada apenas calibração do instrumento em questão.
- ★ Valores obtidos correspondem à média de três medições.
- ★ A incerteza do larado foi fundamentalmente conforme o procedimento interno MPT (baseado no sermo R4-06) para o nível de confiança de aproximadamente 95%.
- ★ Os resultados apresentados neste certificado tem especificação restrita e se aplicam somente ao instrumento em questão, na data da calibração, não sendo extensivos a quaisquer lista. A utilização dos mesmos para fins promocionais depende de previa autorização formal da MPT, sua reprodução somente poderá ser feita no íntegro, sem nenhuma alteração.

Matriz: Rua Dirceu Rodrigues, 149 - Luz - CEP 01105-010
 São Paulo - SP - PABX: (11) 3522.1000
 Email: qualidade@microprec.com.br
 Site: <http://www.microprec.com.br>

Filial: Av. Arão, 1297 - Praça 14 - CEP 69025-050
 Manaus - AM - PABX: (92) 3622.8474
 Móvel: (92) 8180.3075 | 8228.6399
 Email: manaus@microprec.com.br



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro

Coordenação Geral de Acreditação

Signatário dos Acordos de Reconhecimento Mútuo da International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) e da Interamerican Accreditation Cooperation (IAAC)

Certificado de Acreditação

Acreditação nº 0166

Acreditação inicial: 31-05-2001

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO
MICROPRECS-EUROS COMÉRCIO DE INSTRUMENTO DE PRECISÃO LTDA
RUA DUTRA RODRIGUES, 147/149 – BAIRRO DA LUZ
SÃO PAULO – SP

A Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro concede acreditação ao Laboratório acima identificado, segundo os requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005. Esta acreditação constitui a expressão formal do reconhecimento da sua competência para realizar os serviços constantes no Escopo de Acreditação.


Margos Aurélio Lima de Oliveira
Coordenador Geral de Acreditação

Emissão: 15-04-2013

MOD-CGCRE-024 – Rev. 00 – Apr. JAN/12 – Pg. 01/01

Validade: 31-05-2017

CADASTRO DO IPAAM

PROCESSO IPAAM	: 1783/15
Nº	
EMPRESA	: THT AMBIENTAL LTDA
ÁREA DE ATUAÇÃO	: ESTUDOS AMBIENTAIS; ESTUDOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS E SANITÁRIOS; QUÍMICA AMBIENTAL; HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO.
FONE(S)/FAX(ES)	: (92) 98114-9857
VALIDADE	: 03.06.2017