

RELATÓRIO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA MINERAÇÃO RIO DO NORTE

PLÂTO MONTE BRANCO

ANUAL - 2015

DEPARTAMENTO DE CONTROLE AMBIENTAL – GSA

E03.GSA1016.REV00

PORTO TROMBETAS/PA

OUTUBRO/2016

ÍNDICE

1. INFORMAÇÕES GERAIS	11
1.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	11
2. ATIVIDADES EXECUTADAS	12
2.1. PRAD.....	12
2.1.1. SUPRESSÃO E RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO	12
2.1.1.1. Supressão vegetal	12
2.1.1.2. Preparo da área	13
2.1.1.3. Reflorestamento.....	13
2.1.1.4. Tratos culturais	14
2.1.1.5. Programa de manejo comunitário da Copaíba	14
2.1.1.6. Procedimentos de controle de borda dos platôs	15
2.1.2. PLANO DE DRENAGEM DE MINA	16
2.1.3. PLANO DE DRENAGEM DAS ESTRADAS DOS PLATÔS	16
2.2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO E DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAL E EFLUENTES	16
2.2.1. MONITORAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA NOS PIEZOMÉTROS	17
2.2.2. ÁGUA SUBTERRÂNEA	17
2.2.3. ÁGUA SUPERFICIAL	17
2.2.3.1. Nascentes.....	17
2.2.3.2. Igarapés.....	18
2.2.4. MONITORAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	19
2.2.5. MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO.....	20
2.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO	20
2.3.1. QUALIDADE DO AR.....	20
2.3.2. RUÍDO AMBIENTAL	21
2.3.3. METEOROLÓGICO	21
2.3.4. MITIGAÇÃO DE PARTÍCULAS.....	21
3. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	22
3.1. MONITORAMENTO HÍDRICO	22
3.2. MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO	22
4. RESULTADOS.....	24
4.1. PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA.....	24
4.1.1. PROGRAMA DE INSPEÇÃO E LIMPEZA DAS CAIXAS E CANALETAS	24
4.1.2. MANEJO DAS COPAÍBAS NO MONTE BRANCO	24
4.2. MONITORAMENTO HÍDRICO	26
4.2.1. MODELOS DE CURVA EQUIPOTENCIAIS.....	26
4.2.2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, SUPERFICIAL E EFLUENTES.....	27

4.2.2.1.	Controle de qualidade do laboratório e das análises químicas	27
4.2.2.2.	Resultados analíticos água subterrânea	27
4.2.2.3.	Resultados analíticos nascentes.....	28
4.2.2.4.	Resultados analíticos igarapés	28
4.2.3.	MONITORAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	29
4.2.3.1.	Efluentes industriais.....	30
4.2.3.1.1.	Monitoramento Mensal.....	30
4.2.3.1.2.	Monitoramento Semestral.....	30
4.2.4.	MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO	30
4.3.	MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO	31
4.3.1.	QUALIDADE DO AR	31
4.3.2.	NÍVEIS DE RUÍDO AMBIENTAL	31
4.3.3.	METEOROLÓGICO	32
4.3.4.	MITIGAÇÃO DE PARTÍCULAS	33
4.4.	CERTIFICADOS E AFERIÇÕES DE EQUIPAMENTOS DA MRN	34
5.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	35
6.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	36
6.1.	PIEZÔMETROS	36
6.2.	NASCENTES	37
6.3.	IGARAPÉS	39
6.4.	EFLUENTES LÍQUIDOS	42
6.5.	FLUVIOMÉTRICO	43
6.6.	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	44
6.7.	RUÍDO AMBIENTAL	45
6.8.	MONITORAMENTO METEOROLÓGICO	47
6.9.	MITIGAÇÃO DE PARTÍCULAS	48
6.10.	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	48
6.10.1.	IGARAPÉS.....	49
6.10.2.	NASCENTES.....	86
7.	CONCLUSÕES	101
8.	BIBLIOGRAFIAS	104

ANEXOS

ANEXO 1 - CTFs

ANEXO 2 - Figuras

ANEXO 3 - Insumos utilizados por área em 2015

ANEXO 3.1 - Localização e perfis de seções de borda Monte Branco

ANEXO 3.2 - Dados das seções do Monte Branco

ANEXO 3.3 - Relatório fotográfico das tubulações instaladas no Monte Branco

ANEXO 3.4 - Relatório das ações realizadas no Monte Branco

ANEXO 3.5 - Dados de monitoramento realizado dos piezômetros rasos e profundos

ANEXO 3.6 - Laudos piezômetros

ANEXO 3.7 - Pontos de amostragem de nascentes

ANEXO 3.8 - Laudos nascentes

ANEXO 3.9 - Pontos de amostragem igarapés

ANEXO 3.10 - Laudos igarapés

ANEXO 3.11 - Laudos efluentes

ANEXO 3.12 - Detalhamento do monitoramento da qualidade do ar

ANEXO 3.13 - Laudos meteorológico

ANEXO 4 - Controle de limpeza das caixas de decantação do Monte Branco

ANEXO 4.1 - Relatório fotográfico da situação das caixas de decantação do platô Monte Branco

ANEXO 4.2 - Relatório das ações realizadas no Monte Branco

ANEXO 4.3 - Relatório de Manejo de Populações Naturais de Copaíba, Plantios e a Extração de Óleo-Resina no Platô Monte Branco

ANEXO 5 – Tabelas

ANEXO 6 – Relatório de caracterização de ruído ambiental – platô Monte Branco

ANEXO 7 - Certificados de calibração e aferição dos equipamentos MRN

TABELAS TEXTO

Tabela 2.1 - Áreas (ha) previstas e suprimidas durante o ano de 2015	12
Tabela 2.2 – Áreas (ha) previstas e preparadas para o reflorestamento - 2015.....	13
Tabela 2.3 - Produção de mudas de espécies raras, ameaçadas e protegidas por lei ...	14
Tabela 6.1 – Dados alumínio coletados no semestre	50
Tabela 6.2 – Estatísticas descritivas para o parâmetro alumínio.....	50
Tabela 6.3 – Dados DBO coletados no período	59
Tabela 6.4 – Estatísticas descritivas para o parâmetro DBO	59
Tabela 6.5 – Dados ferro coletados no período.....	68
Tabela 6.6 – Estatísticas descritivas para o parâmetro ferro.....	68
Tabela 6.7 – Dados ferro coletados no período.....	77
Tabela 6.8 – Estatísticas descritivas para o parâmetro ferro.....	77
Tabela 6.9 – Dados alumínio coletados no semestre	86
Tabela 6.10 – Estatísticas descritivas para o parâmetro alumínio.....	86
Tabela 6.11 – Dados pH coletados no semestre	92
Tabela 6.12 – Estatísticas descritivas para o parâmetro pH.....	92

TABELAS ANEXO 3 – INFORMAÇÕES GERAIS

Tabela 1.1. – Frequência de inspeções de controle de drenagem	
Tabela 1.2 – Coordenadas de localização dos pontos de lançamento	
Tabela 1.3 – Dimensões e localização das canaletas	
Tabela 1.4 – Coordenadas de localização dos pontos de lançamento	

Tabela 1.5 – Dimensões e localização das canaletas

Tabela 1.6 – Coordenadas de localização dos pontos de lançamento

Tabela 1.7 – Dimensões e localização das canaletas

Tabela 1.8 – Coordenadas de localização dos pontos de lançamento

Tabela 1.9 – Dimensões e localização das canaletas

Tabela 1.10 – Coordenadas de localização dos pontos de lançamento

Tabela 1.11 – Dimensões e localização das canaletas

Tabela 1.12 – Dimensões e localização das canaletas

Tabela 1.13 – Coordenadas de localização dos pontos de lançamento

Tabela 1.14 – Dimensões e localização das canaletas

Tabela 1.15 – Pontos de monitoramento de água superficial

Tabela 1.16 – Descrição e detalhamento dos pontos de monitoramento fluviométrico

Tabela 1.17 – Descrição e localização dos pontos de monitoramento de efluentes líquidos

Tabela 1.18 – Descrição e localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar

Tabela 1.19 – Descrição dos pontos de monitoramento das emissões atmosféricas

Tabela 1.20 – Normas para o monitoramento de emissões atmosféricas

Tabela 1.21 – Dados das medições de ruído

Tabela 1.22 – Dados dos pontos de monitoramento meteorológico

TABELAS ANEXO 5

Tabelas 4.1 – Monitoramento piezômetros profundos e rasos dos platôs

Tabelas 4.2 a 4.8 – Monitoramento das nascentes do platô Monte Branco

Tabelas 4.9 a 4.18 – Monitoramento dos igarapés do platô Monte Branco

Tabelas 4.19 a 4.22 – Monitoramento dos efluentes – mensais

Tabelas 4.23 – Monitoramento dos efluentes – semestrais

Tabela 4.24 – Monitoramento fluviométrico dos platôs

Tabelas 4.25 e 4.26 – Monitoramento da qualidade do Ar

Tabelas 4.27 e 4.28 – Monitoramento Ruído

Tabelas 4.29 a 4.35 – Monitoramento Meteorológico

Tabela 4.36 – Consumo de água para aspersão

FIGURAS TEXTO

Figura 4.1 – Mapa do platô Monte Branco com os pontos de ocorrência de copaíba25

Figura 4.2 – Curvas isopotenciais regional.....26

FIGURAS ANEXO 2

Figura 1.1 – Mapa localização da subdivisão dos platôs

Figura 2.1 – Mapa de localização da área suprimida no platô Monte Branco

Figura 2.2 – Mapa de localização da área preparada para o reflorestamento no platô Monte Branco

Figura 2.3 – Mapa de localização da área reflorestada no platô Monte Branco

Figura 2.4 - Mapa de localização dos drenos do platô Monte Branco

Figura 2.5 - Mapa de localização dos piezômetros monitorados

Figura 2.6 - Mapa de localização dos pontos de coleta nas nascentes

Figura 2.7 - Mapa de localização dos pontos de coleta nos igarapés

Figura 2.8 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento de efluentes

Figura 2.9 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento fluviométrico

Figura 2.10 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar

Figura 2.11 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento de ruído

Figura 2.12 - Mapa de localização dos pontos de monitoramento das estações meteorológicas

Figura 3.12 - Mapa de localização das caixas de sedimentação e as canaletas localizadas ao longo da estrada Saracá – Monte Branco

EQUIPE TÉCNICA

Os profissionais do Departamento de Controle Ambiental (GSA) envolvidos na compilação e avaliação dos dados gerados pelas áreas responsáveis, assim como a elaboração do relatório estão descritos a seguir. O cadastro técnico federal (CTF) da MRN, assim como o certificado de regularidade dos profissionais envolvidos nas atividades estão disponíveis no **ANEXO 1**.

Eng. Luis Fernando Pereira – Engenheiro Sênior

Anderson Gomes Valentim - Técnico Meio Ambiente II

Luis Fernando Pereira

Engenheiro Sênior

CREA: 5062995199

CTF: 6535822

1. INFORMAÇÕES GERAIS

1.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A Mineração Rio do Norte (MRN) apresenta o RELATÓRIO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL ANUAL DE 2015, com as medidas de controle ambiental realizadas ao longo do período no platô Monte Branco (**Figura 1.1 ANEXO 2**).

As atividades executadas em 2015 estão divididas em seguimentos conforme apresentado a seguir, o contato para aquisição das informações foi realizado com as áreas internas da MRN (GD, GI, GS, GM, GO e GU). Os respectivos procedimentos utilizados na execução das atividades nos platôs, assim como a caracterização ambiental do empreendimento são apresentados no Anexo 3 do relatório anual de 2015. Estes documentos também estão disponíveis na mídia digital que acompanha esse documento (Informações gerais complementares dos platôs e atividades desenvolvidas).

2. ATIVIDADES EXECUTADAS

2.1. PRAD

A degradação de um ambiente é toda intervenção antrópica ou natural em que o mesmo perde suas características e sua sustentabilidade. O Decreto Federal 97.632/89 define o conceito de degradação ambiental como sendo “processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais”.

2.1.1. SUPRESSÃO E RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO

2.1.1.1. *Supressão vegetal*

Em 2015 foi realizada a supressão vegetal na área do platô Monte Branco, que corresponde a ASV (autorização de supressão vegetal) 935/2014 do IBAMA referente a 382,63 ha. A **Tabela 2.1** a seguir apresenta o avanço mensal das áreas suprimidas, assim como o previsto x realizado. A **Figura 2.1 (ANEXO 2)** apresentam o mapa de localização da área suprimida no platô. Os meses onde não houveram ações foram desconsiderados da tabela abaixo.

Tabela 2.1 - Áreas (ha) previstas e suprimidas durante o ano de 2015

MÊS	MONTE BRANCO	
	P	R
JAN	31,64	-
ABR	25,72	-
MAI	-	19,47
JUN	-	31,88
JUL	30,23	17,88
AGO	-	13,51
OUT	16,10	-
NOV	-	11,84
TOTAL	103,69	94,58

Legenda: P - Previsto R – Realizado

2.1.1.2. Preparo da área

Esta tarefa consiste no acompanhamento das atividades de preparo das áreas para o reflorestamento, intervenção em passivos e replantio. Esse acompanhamento é realizado mensalmente durante o segundo semestre de cada ano, visando garantir que o preparo esteja dentro do padrão adotado pela MRN. Quando são identificados desvios, a área operacional é imediatamente acionada para as devidas adequações.

A **Tabela 2.2** a seguir apresenta o avanço mensal das áreas preparadas para o reflorestamento em 2015, comparando o previsto x realizado. A **Figura 2.2 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização das áreas preparadas para o reflorestamento no platô. Os meses onde não houveram ações foram desconsiderados da tabela abaixo.

Tabela 2.2 – Áreas (ha) previstas e preparadas para o reflorestamento - 2015

PLATÔS	MONTE BRANCO		
	MÊS	P	R
JUL	13,04	0,61	
AGO	13,04	10,24	
SET	13,04	17,13	
OUT	13,04	18,03	
NOV	13,04	4,76	
DEZ	13,04	1,72	
TOTAL	78,24	52,49	

Legenda: P: Previsto; R: Realizado

2.1.1.3. Reflorestamento

O reflorestamento ocorrido somente no mês de maio, onde estava prevista uma área de 32,6 ha e foi executada uma área de 30,9 ha. A **Figura 2.3 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização do reflorestamento executado no platô.

Na recuperação das áreas foram utilizadas duas das espécies raras, ameaçadas e protegidas por lei, conforme a Portaria MMA Nº 443, de 17 de dezembro de 2014, as quantidades de mudas estão descritas na **Tabela 2.3** apresentada a seguir.

Tabela 2.3 - Produção de mudas de espécies raras, ameaçadas e protegidas por lei

ESPÉCIE	FAMÍLIA	Monte Branco
<i>Hevea guianensis</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	990
<i>Mezilaurus itauba</i>	<i>Lauraceae</i>	5.445
TOTAL		6.435

2.1.1.4. *Tratos culturais*

O desenvolvimento das mudas plantadas é acompanhado pela equipe do GSA, quando necessário, são realizadas ações de combate às formigas da espécie saúvas, controle de espécies invasoras e reposição das mudas.

A partir de 2013, visando acelerar o processo de reabilitação, outros tratamentos culturais foram adotados como enriquecimento/adensamento, através de semeadura direta no 3º e 5º ano de plantio. Em 2015 foram utilizados no platô como insumos nos tratamentos culturais: ourofós, gesso agrícola e calcário dolomítico nas respectivas quantidades 8.712, 5.663 e 5.663 kg, os dados detalhados são apresentados no **ANEXO 3**.

2.1.1.5. *Programa de manejo comunitário da Copaíba*

Em atendimento a condicionante 2.27 da licença de operação (LO nº1172/2013) do Monte Branco, foi realizado o programa de manejo comunitário de copaíba, cujo objetivo foi garantir o manejo das populações naturais e plantios de copaibeiras a fim de garantir a conservação das espécies e a produção de óleo-resina.

As copaíbas são avaliadas a partir da medição do DAP (diâmetro na altura do peito), assim como a altura (estimada) e estado fitossanitário (visual), onde são avaliadas a existência de pragas e/ou doenças, danos causados por ventos, raios e queda de árvores vizinhas. Os dados levantados foram registrados em fichas de campo. O DAP foi medido por meio de uma fita diamétrica para determinação da relação hipsométrica das copaibeiras de diferentes tipos (Marimari, Caripé e Jacaré), foram realizadas 5 repetições em cada classe diamétrica.

As copaibeiras produtoras de óleo-resina localizadas na área a ser minerada tiveram prioridade na extração do óleo-resina e coleta de sementes/mudas. Essas áreas são

definidas a partir do plano de avanço de lavra. Após esta etapa as atividades são executadas nas áreas de encostas e baixios.

As copaibeiras das encostas e baixios do platô Monte Branco foram inventariadas ao nível de 100% com plotagem e localização de cada indivíduo de DAP>35,0 cm, a partir dessas informações é possível estabelecer a melhor forma de manejo da população e planejamento das coletas de óleo-resina e sementes para a produção de mudas.

2.1.1.6. Procedimentos de controle de borda dos platôs

A MRN realizou as operações de controle de borda no platô Monte Branco preservando as faixas de proteção de borda, em atendimento as condicionantes das respectivas licenças de operação e/ou outros documentos emitidos pelo IBAMA, conforme descrito abaixo.

- Platô Monte Branco (Parecer Técnico 007/2009 - COMOC/CGTMO/DILIC/IBAMA): recomendou faixa de proteção de 50 metros em toda a extensão da borda que possui drenagens em direção a REBIO Trombetas, e 30 metros para a borda remanescente.

Salienta-se ainda que o embasamento técnico para a definição da borda dos platôs tem como fundamentação os seguintes documentos: “Parecer técnico sobre as condições hidrogeológicas nos platôs da MRN”, emitido em 27 de março de 2003 e “Relatório técnico: Práticas operacionais da MRN relativas ao meio Ambiente nas áreas de mina” de 14 de julho de 2010. Os documentos em questão foram aprovados pelo IBAMA.

No platô do Monte Branco em 2015 foram levantadas 17 seções. Em média a faixa de proteção da borda, com floresta nativa, ficou com aproximadamente 36,76 metros, e a menor faixa com aproximadamente 30,4 metros. O **ANEXO 3.1** apresenta as 17 seções e perfis de borda do platô.

A inclinação da rampa entre o limite de desmatamento e a borda ficou em média com 33,97%. A inclinação da encosta do platô após a borda adotada pela MRN foi de 24,66%. Os dados das seções são apresentados no **ANEXO 3.2**.

2.1.2. PLANO DE DRENAGEM DE MINA

O plano de drenagem de mina contempla os componentes e procedimentos utilizados para o sistema de drenagem nas minas em operação e em descomissionamento. Em 2015 foi realizado o planejamento dedicado para cada platô.

No ano de 2015 estava prevista a instalação de 4 novos drenos no platô, destes foram instalados apenas 3, o quarto (dreno MB 14) está aguardando o espalhamento da galhada. Atualmente platô Monte Branco encontram-se instalados 11 drenos.

A **Figura 2.4 (ANEXO 2)** apresenta o mapa do platô com os pontos em questão e o relatório fotográfico das tubulações instaladas é apresentado no **ANEXO 3.3**.

Os serviços de rotina, manutenção e correção das drenagens identificados nas inspeções são cadastrados em um banco de dados (gerenciamento da drenagem). O resumo das demais ações realizadas em 2015 são apresentadas no **ANEXO 3.4**.

2.1.3. PLANO DE DRENAGEM DAS ESTRADAS DOS PLATÔS

O plano de drenagem das estradas visa manter o equilíbrio do meio ambiente ao longo das estradas de acessos entre os platôs. Quando são realizadas aberturas de acessos são construídas caixas de sedimentação e canaletas ao longo da extensão das estradas dos platôs.

As inspeções para medição de sólidos nas caixas de sedimentação são realizadas mensalmente, e semanal para as canaletas, as atividades podem ser realizadas concomitantemente em todos os platôs.

2.2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO E DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAL E EFLUENTES

Neste item são apresentados os dados das atividades de monitoramento piezométrico e da qualidade das águas subterrâneas e superficial e efluentes, sujeitos às influências das atividades de mineração realizadas pela MRN.

2.2.1. MONITORAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA NOS PIEZOMÉTROS

O conhecimento do fluxo das águas subterrâneas é de extrema importância para o desenvolvimento de qualquer tipo de estudo hidrogeológico. Como as águas subterrâneas apresentam um fluxo preferencial que tendem a seguir a morfologia do terreno, qualquer interferência direta ou indireta que atinja o lençol freático pode alterar este fluxo, refletindo diretamente nas nascentes e drenagens locais.

Para o monitoramento desse processo nas áreas de lavras, foram instalados piezômetros do tipo Casagrande em dois horizontes, raso e profundo. O **ANEXO 3.5** apresenta os dados de monitoramento do nível de água realizado em 2015, assim como a atual situação dos piezômetros.

2.2.2. ÁGUA SUBTERRÂNEA

As coletas de amostras de água subterrânea foram realizadas em 2015 em conformidade com a norma ABNT/NBR 15.847 – Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento.

Todas as amostras coletadas foram devidamente identificadas, acondicionadas, preservadas e documentadas e enviadas ao laboratório para análises dos parâmetros listados a seguir.

- Cálcio, magnésio, potássio, sílica e sódio total, sólidos sedimentáveis e em suspensão, turbidez, alcalinidade bicarbonato e carbonato, alumínio, cloreto, ferro, manganês, mercúrio, nitratos, sulfatos, condutividade elétrica, pH e temperatura.

O **ANEXO 3.6** apresenta os laudos das análises realizadas. A **Figura 2.5 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização dos piezômetros monitorados.

2.2.3. ÁGUA SUPERFICIAL

2.2.3.1. *Nascentes*

As nascentes selecionadas para amostragem foram definidas de acordo com sua localização, ou seja, na mesma cota da seção filtrante dos piezômetros profundos instalados no platô, a fim de realizar uma análise comparativa entre os dois meios. O

monitoramento das nascentes é realizado três vezes ao ano, com duas coletas no período de chuva (inverno) e uma coleta na estiagem (verão).

Todas as amostras coletadas foram devidamente identificadas, acondicionadas, preservadas, documentadas e enviadas ao laboratório para análises dos parâmetros listados a seguir.

- Cálcio, magnésio, potássio, sílica e sódio total, turbidez, bicarbonato, carbonato, alumínio, cloreto, ferro, manganês, nitratos, sulfatos, condutividade elétrica, pH e temperatura.

Os **ANEXOS 3.7** e **3.8** apresentam a identificação dos pontos de amostragem e coordenadas geográficas, assim como os laudos das análises realizadas, respectivamente. A **Figura 2.6 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização dos pontos de coleta de amostras nas nascentes.

2.2.3.2. Igarapés

Os igarapés selecionados para amostragem foram definidos de acordo com sua origem, ou seja, quando os Igarapés são formados a partir das nascentes oriundas dos platôs e/ou que passam pela área. A periodicidade do monitoramento é mensal.

Todas as amostras coletadas no curso da água em determinados pontos ao longo de sua extensão. Todas as amostras coletadas foram devidamente identificadas, acondicionadas, preservadas, documentadas e enviadas ao laboratório para análises dos parâmetros listados a seguir.

- Oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica, sólidos em suspensão, sedimentáveis e dissolvidos, temperatura, turbidez, cor verdadeira e aparente, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, orgânico e total, alcalinidade total, ferro solúvel, manganês total, alumínio dissolvido, mercúrio, óleos e graxas, estreptococos fecais, coliformes termotolerantes e totais e resíduo total.

Os **ANEXOS 3.9** e **3.10** apresentam a identificação dos pontos de amostragem e coordenadas geográficas, assim como os laudos das análises realizadas,

respectivamente. A **Figura 2.7 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização dos pontos de coleta de amostras nos igarapés.

2.2.4. MONITORAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

O monitoramento dos pontos de lançamento de efluentes líquidos (sanitários e industriais) são realizados de acordo com a forma de lançamento no ambiente, direto ou indireto, conforme preconizado na resolução CONAMA 430/2011. Para o platô em questão, os pontos de lançamentos de efluentes são indiretos, pois trabalham em regime fechado, sem lançamento externo.

Todas as amostras coletadas foram devidamente identificadas, acondicionadas, preservadas, documentadas e enviadas ao laboratório para análises dos parâmetros listados a seguir.

- Mensal: alumínio, coliformes fecais e totais, condutividade elétrica, demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO), ferro dissolvido, manganês total, óleos e graxas, pH, sólidos totais dissolvidos (STD) e sedimentáveis, temperatura, turbidez, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total e orgânico;
- Semestral: BTEX (benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno) e TPH (hidrocarbonetos totais de petróleo); e

Os laudos das análises de todos os parâmetros são apresentados no **ANEXO 3.11**. A **Figura 2.8 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização dos pontos de amostragem de efluentes sanitários e industriais.

Durante o procedimento de amostragem, tanto da água subterrânea, superficial e efluentes, todo o manuseio do material e dos equipamentos foram realizados com as mãos devidamente protegidas por luvas de procedimento, as quais foram trocadas a cada mudança do ponto de amostragem. Antes de cada coleta os equipamentos usados na amostragem foram limpos, com detergente neutro e água destilada, a fim de evitar possíveis contaminações nos resultados das amostragens.

2.2.5. MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO

O programa de monitoramento fluviométrico analisa as medições linimétricas nas estações de monitoramento para determinar as cotas do nível da lamina de água nos igarapés em áreas adjacentes aos platôs.

Os pontos de monitoramento fluviométrico foram locados de acordo com a influência que os platôs em estudo exercem sobre os igarapés. A espacialização dos pontos pode ser observada nas figuras apresentadas no decorrer deste item. A **Figura 2.9 (ANEXO 2)** apresenta o mapa e localização dos pontos de monitoramento fluviométrico.

2.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO

2.3.1. QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar está diretamente relacionada às concentrações de poluentes atmosféricos existentes em um determinado ambiente. O objetivo do programa é monitorar a qualidade do ar em toda área do empreendimento, bem como atestar a efetividade das medidas tomadas para à minimização dos impactos gerados pelas atividades de mineração que abrangem a área como um todo.

O monitoramento também é fundamental para a saúde ocupacional dos operários e comunidades localizadas no entorno. Nessa atividade estão inclusos o monitoramento da qualidade do ar, ruído ambiental, meteorológico e mitigação de partículas.

O monitoramento da qualidade do ar é realizado semanalmente, em dias alternados e consecutivos, para que as amostras sejam representativas de todos os dias da semana. No total são geradas 8 coletas mensais por estação de monitoramento, onde são coletadas e analisadas 4 amostras para os parâmetros PTS e PI.

A **Figura 2.10 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar no platô. O detalhamento das análises é apresentado no **ANEXO 3.12.**

2.3.2. RUÍDO AMBIENTAL

Ruído é por sua vez é um som ou conjunto de sons desagradáveis e em alguns casos perigosos, capazes de alterar o bem-estar fisiológico ou psicológico dos indivíduos, provocar lesões auditivas e prejudicar atividade no trabalho.

O monitoramento de ruído é realizado no platô mensalmente. A **Figura 2.11 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização dos pontos de amostragem de ruído.

2.3.3. METEOROLÓGICO

O monitoramento meteorológico avalia as condições climáticas locais a partir da coleta dos parâmetros, temperatura do ar, pressão atmosférica, pluviometria, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade e direção dos ventos. O detalhamento das análises é apresentado no **ANEXO 4.13**. A **Figura 2.12 (ANEXO 2)** apresenta o mapa de localização das estações meteorológicas.

2.3.4. MITIGAÇÃO DE PARTÍCULAS

O programa de mitigação de partículas da empresa MRN abrange todas as áreas de lavra, e tem como objetivo o controle da emissão de partículas devido ao tráfego de veículos e até mesmo por ações do vento. Para execução e controle desse parâmetro, são utilizados 4 caminhões pipas, sendo dois de 25000 litros e um de 15000 e 40000 litros.

3. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Para este trabalho foram adotados como padrões de referência principais estabelecidos pela resolução federal, CONAMA, os valores máximos permitidos foram estabelecidos de acordo com a resolução específica da atividade, conforme apresentado a seguir.

3.1. MONITORAMENTO HÍDRICO

O enquadramento das águas subterrâneas para as seis classes definidas pela resolução CONAMA 396/2008, dessa forma, o monitoramento das águas subterrâneas pela MRN teve como parâmetro os valores máximos permitidos para o uso preponderante dessas águas, qual seja consumo humano de acordo com os preconizados nessa resolução.

No monitoramento das águas superficiais, a MRN adotou os padrões definidos na resolução CONAMA Nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e padrões de qualidade destes. As águas superficiais no entorno do empreendimento são definidas como águas doces de classe 2, sendo as condições e padrões para o monitoramento dispostos no art. 15 da resolução em questão, com detalhamento de alguns parâmetros descritos nos Incisos I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX.

3.2. MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO

Quanto aos padrões legais no âmbito da qualidade do ar, a resolução CONAMA Nº 05/1989 instituiu o programa nacional de controle da qualidade do ar (PRONAR), com o objetivo de proporcionar a melhoria na qualidade do ar, atender aos padrões estabelecidos e não comprometer a qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas, limitando se aos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica. Além desta resolução, a resolução CONAMA Nº 03/1990, dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, com finalidade de comparar com os resultados obtidos pelo monitoramento da qualidade para partículas totais em suspensão e partículas inaláveis, na forma de concentração média de 24 horas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Para o parâmetro ruído, a legislação vigente é a resolução CONAMA Nº 001/1990, que determina que é prejudicial à saúde e ao sossego público a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativa, em

níveis superiores aos considerados aceitáveis de acordo com os valores preconizados na norma ABNT NBR 10151:2000.

A Lei Estadual do Pará Nº 5.887, de 09 de maio de 1995, que trata da Política Estadual do Meio Ambiente, dispõe o seguinte sobre ruídos e vibrações: *“Art. 26. Os níveis máximos permitidos dos sons, ruídos e vibrações, bem como as diretrizes, critérios e padrões, para o controle da poluição sonora interna e externa decorrentes de atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive de propaganda política e outras formas de divulgação sonorizada, serão estabelecidos em normas específicas”*.

4. RESULTADOS

4.1. PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA

Em 2015 foi suprimida uma área de 103,69 ha, 9,11 abaixo do previsto (94,58), dentro do limite estabelecido na ASV (367,41 ha). Para o reflorestamento foi preparada uma área de 52,49 ha e reflorestada uma área de 30,9 ha.

Os monitoramentos/manutenções das áreas são realizados frequentemente. No período foram utilizadas cerca de 20 toneladas de tratamentos culturais, entre oúros, gesso agrícola e calcário dolomítico.

As áreas de bordas foram respeitadas conforme previsto na licença de operação, não ultrapassando o limite de 30 metros. Para drenagem foram instalados 3 drenos, dos 4 previstos. Os demais serão instalados assim que o processo de espalhamento da galhada for realizado.

4.1.1. PROGRAMA DE INSPEÇÃO E LIMPEZA DAS CAIXAS E CANALETAS

No platô do Monte Branco, durante o ano de 2015, foram limpas 11 caixas de sedimentação, sendo: Bacia A, B, D, E, F, I, J, K, L IV e V, onde foram removidos 3.730 m³ de sedimentos para a cava de lavra do Monte Branco. O **ANEXO 4** apresenta o volume de sólidos removidos das caixas de sedimentação do Monte Branco.

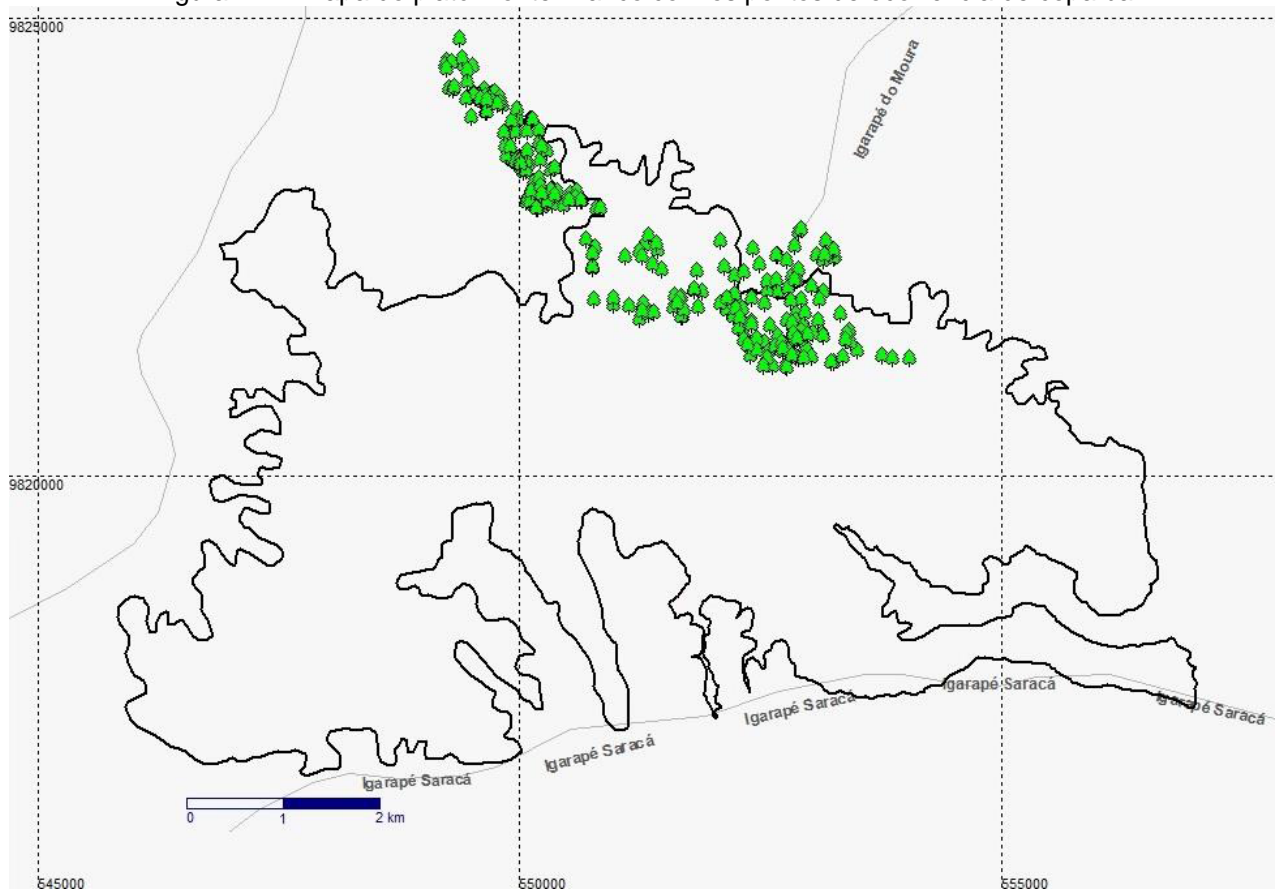
Todas as verificações provenientes das inspeções foram registradas no “*Relatório da Situação das Caixas de Sedimentação do Monte Branco*” (**ANEXO 4.1**). Os outros serviços de manutenção nas caixas estão listados no **ANEXO 4.2**.

4.1.2. MANEJO DAS COPAÍBAS NO MONTE BRANCO

No ano de 2015 foi realizado o inventário das copaibeiras adultas (DAP>10 cm), plântulas, regeneração natural e indivíduos com potencial produção de óleo-resina (DAP>30,0 cm). O estudo abrangeu a área do platô e encostas remanescentes do Monte Branco, a **Figura 4.1** a seguir apresenta o mapa com os pontos de ocorrência de copaíbas. Para o inventário os indivíduos foram classificados conforme apresentado abaixo.

- Plântula - Indivíduos com altura inferior a 30 cm;
- Muda - Indivíduos com altura >30 cm e até 1,5 m;
- Vareta - Indivíduos com altura >1,5 m e até 3,0 m;
- Vara - Indivíduos com DAP<5,0 cm e altura maior que 3,0 m;
- Jovem - Indivíduos com DAP≥5,0 cm e <10 cm;
- Adultos - Indivíduos com DAP≥10 cm; e
- Classe - Regeneração natural.

Figura 4.1 – Mapa do platô Monte Branco com os pontos de ocorrência de copaíba



Fonte: IMPA, 2015

Foram levantados 275 ha na encosta e 160,32 ha no platô, totalizando 435,32 ha, onde foram identificados 8.157 nas encostas e 2.840 no platô, totalizando 10.997 copaibeiras de todas as classes e categorias. A densidade populacional foi estimada em 29,66 indivíduos/ha na encosta e 17,71 ha no platô e 25,26 ha considerando as duas áreas. Foram coletados 22,52 e 31,38 litros de óleo-resina no platô e nas encostas, respectivamente.

Em de 2015 foram plantadas 118 mudas de copaíba/há na área do platô Monte Branco. A descrição completa dos trabalhos realizados é apresentada no relatório do programa de manejo de Copaíbas – anual de 2015, disponível no **ANEXO 4.3** deste documento.

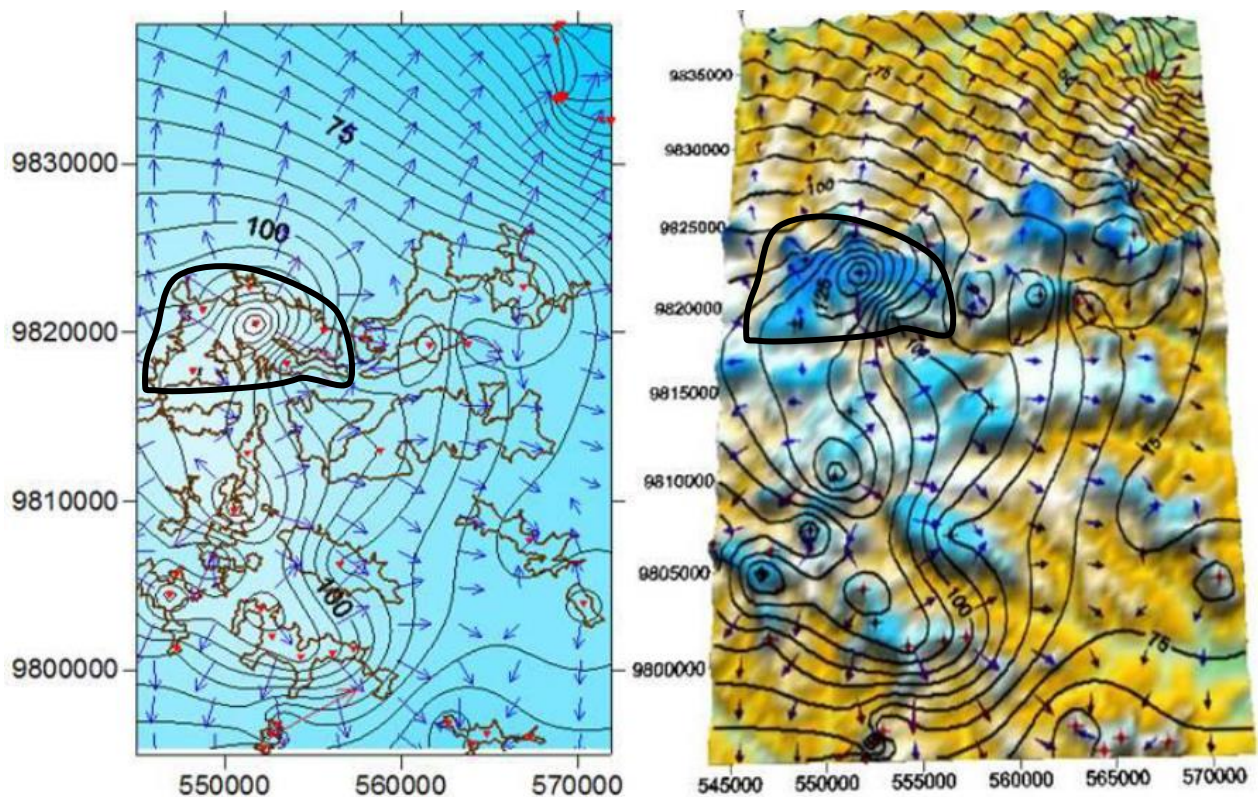
4.2. MONITORAMENTO HÍDRICO

4.2.1. MODELOS DE CURVA EQUIPOTENCIAIS

A partir dos dados obtidos no monitoramento dos piezômetros e das nascentes de todos os platôs, foi gerado um modelo esquemático padrão onde é possível visualizar o posicionamento do nível freático de uma forma uniforme, regional, que abrange todos os platôs.

A **Figura 4.2** a seguir apresenta o modelo das curvas equipotenciais regional, de todos os platôs, com as direções preferenciais do fluxo da água subterrânea.

Figura 4.2 – Curvas isotopenciais regional



Verifica-se na figura que o fluxo preferencial da água subterrânea tende do centro do platô para a borda.

Atualmente nesse platô, existem 12 piezômetros instalados, sendo 6 rasos (PZMB 1 a 6), com 26,1 metros de profundidade e 6 profundos (PZMBP (centro platô) e PZMBP 1 a 5) com 102 metros de profundidade. No período não foi possível monitorar os piezômetros rasos pois permaneceram secos, os profundos não foram monitorados pois estão sem acesso ao local.

4.2.2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, SUPERFICIAL E EFLUENTES

4.2.2.1. Controle de qualidade do laboratório e das análises químicas

O laboratório TASQA utiliza dois métodos de controle de qualidade de suas análises: o método da adição padrão ou branco fortificado (*Matrix Spike*) e o método de branco de laboratório (*Method Blank*).

A Adição Padrão (*Matrix Spike*) é uma forma de se avaliar a recuperação dos compostos que estão sendo realmente analisados. Consiste na divisão da amostra em duas; em uma se faz a determinação normal, e na outra é feita a adição de quantidades conhecidas de compostos em análise. Esta amostra é analisada em duplicata, verificando-se assim a recuperação de compostos em análise e a reprodutibilidade do método. Neste caso se avalia tanto a exatidão, como a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

O método da análise de Branco de Laboratório (*Method Blank*) consiste na execução das análises em amostras do próprio laboratório. A eventual ocorrência de algum composto indica a existência de contaminação no laboratório.

4.2.2.2. Resultados analíticos água subterrânea

A qualidade da água subterrânea foi avaliada de acordo com o valor máximo permitido (VMP) estabelecido na resolução CONAMA 396/2008 do MMA para as amostras coletadas mensalmente nos piezômetros instalados no platô.

A **Tabela 4.1 (ANEXO 5)** apresenta os resultados dos compostos analisados mensalmente no platô. Os parâmetros analisados não apresentaram concentrações acima dos valores máximos permitidos.

4.2.2.3. *Resultados analíticos nascentes*

A qualidade da água subterrânea foi avaliada de acordo com o valor máximo permitido (VMP) estabelecido na resolução CONAMA 357/2005 do MMA para as amostras coletadas nas nascentes no entorno dos platôs.

Os parâmetros a seguir apresentam concentrações acima do valor máximo permitido de acordo com os padrões de referência adotados. Os demais parâmetros não apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido.

As **Tabelas de 4.2 a 4.8 (ANEXO 5)** apresentam os resultados dos compostos analisados no platô. As nascentes localizadas no platô Monte Branco (NMB 1 a 7).

Alumínio: Concentração acima do valor máximo permitido para as amostras coletadas nos pontos NMB 4 e 5. A concentração máxima obtida foi de 0,12 mg/l;

Ferro: Concentração acima do valor máximo permitido para as amostras coletadas nos pontos NMB 4 e 5. As concentrações nesses pontos variaram de 0,37 a 0,38 mg/l; e

pH: Concentração abaixo do mínimo permitido para todas as amostras coletadas. As concentrações variaram de 4,5 a 6,40.

4.2.2.4. *Resultados analíticos igarapés*

A qualidade da água superficial dos igarapés foi avaliada de acordo com o valor máximo permitido (VMP) estabelecido na resolução CONAMA 357/2005 do MMA.

Os parâmetros a seguir, separados por platô, apresentam concentrações acima do valor máximo permitido de acordo com os valores de referência adotados para os igarapés. Os demais parâmetros não apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido.

As **Tabelas de 4.9 a 4.18 (ANEXO 5)** apresentam os resultados dos compostos analisados mensalmente no platô.

Igarapé Moura

Estão localizados os pontos de monitoramento do Platô Monte Branco, sendo, MB 2 a 9.

Alumínio: Concentração acima do valor máximo permitido para as amostras coletadas nos pontos MB 2 a 9. As concentrações nesses pontos variaram de 0,1 a 0,35 mg/l;

DBO: Concentração acima do valor máximo permitido para as amostras coletadas nos pontos MB 3 a 9. As concentrações variaram de 1 a 9 mg/l;

Ferro: Concentração acima do valor máximo permitido para as amostras coletadas nos pontos MB 2 a 4. As concentrações nesses pontos variaram de 0,3 a 0,73 mg/l; e

pH: Concentração abaixo do mínimo permitido para todas as amostras coletadas. As concentrações nos pontos variaram de 5,38 a 5,99.

Lago Moura

A definição deste ponto deve-se as diferentes das características hidrodinâmicas destes ambientes, lânticos (lago) e lóticos (rio) assim como, pela influência recebida por este ponto das atividades desenvolvidas pela comunidade local (Moura) e pela drenagem dos tributários da face norte do platô Monte Branco. Esse ponto definido para o monitoramento é identificado como TRM 1.

Alumínio: Concentração acima do valor máximo permitido para amostra coletada no ponto TRM 1. A concentração nesse ponto atingiu 0,20 mg/l;

Ferro: Concentração acima do valor máximo permitido para a amostra coletada no ponto TRM 1. A concentração nesse ponto variou de 0,3 a 0,73 mg/l;

pH: Concentração abaixo do mínimo permitido para todas as amostras coletadas. O valor identificado nesse ponto variou de 5,29 a 5,50; e

Oxigênio Dissolvido: Concentração abaixo do valor mínimo permitido para amostra coletada no ponto TRM 1. A concentração nesse ponto foi de 4,47 mg/l;

4.2.3. MONITORAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

A qualidade dos efluentes industriais foi avaliada de acordo com o valor máximo permitido (VMP) estabelecido na resolução, CONAMA N° 430/2011 do MMA. O monitoramento dos efluentes ocorre mensalmente para análise de alguns parâmetros, além deste controle

mensal é realizada também mais uma campanha de monitoramento semestralmente. Os resultados dos monitoramentos realizados são apresentados a seguir.

Somente os parâmetros com concentrações acima do valor máximo permitido de acordo com os valores de referência adotado são apresentados a seguir. Os demais parâmetros não apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido.

4.2.3.1. Efluentes industriais

4.2.3.1.1. Monitoramento Mensal

As **Tabelas** de **4.19** a **4.22 (ANEXO 5)** apresentam os resultados dos compostos analisados no platô. Os pontos de monitoramento desse platô são MBCO 1A e B e 2A e B, sendo estes dois últimos pontos inseridos no monitoramento a partir de maio/15. Os lançamentos desses pontos são indiretos.

Óleos e graxas: Concentração acima do valor máximo permitido para amostra coletada no ponto MBCO 2A. A concentração nesse ponto variou de 245 a 10984 mg/l; e

Sólidos sedimentáveis: Concentração acima do valor máximo permitido para as amostras coletadas nos pontos MBCO 1A e B e 2A e B. As concentrações nesses pontos variaram de 1 a 31 mg/l;

4.2.3.1.2. Monitoramento Semestral

As **Tabelas 4.23 (ANEXO 5)** apresenta os resultados dos compostos analisados semestralmente, nenhum dos pontos apresentou concentrações acima do valor máximo permitido.

4.2.4. MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO

Os pontos de monitoramento fluviométrico foram alocados de acordo com a influência que os platôs em estudo exercem sobre os igarapés. A partir das medições realizadas das cotas (lâmina da água) foi detectado que não houve grandes variações do nível da lâmina da água, conforme observado na **Tabela 4.24 (ANEXO 5)**. A tabela em questão apresenta também a descrição e detalhamento dos pontos de monitoramento fluviométrico.

4.3. MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO

4.3.1. QUALIDADE DO AR

Os parâmetros da qualidade do ar monitorado pela MRN nas estações de monitoramento são partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (PI). A qualidade do ar foi avaliada de acordo com a concentração média em 24 horas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), estabelecida na resolução CONAMA 03/1990 do MMA para as amostras coletadas mensalmente nas estações de qualidade de ar instaladas no platô em operação.

As **Tabelas 4.25 e 4.26 (ANEXO 5)** apresentam os resultados das partículas totais em suspensão e partículas inaláveis, respectivamente, nos pontos de monitoramento. O parâmetro a seguir apresenta concentração acima do valor médio estabelecido na referência adotada, os demais parâmetros não apresentaram concentrações valores de referência adotados.

Partículas totais em suspensão: Concentração acima do valor máximo permitido para a amostra coletada no ponto AR 13. A concentração nesse ponto variou de 193,84 a 281,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3.2. NÍVEIS DE RUÍDO AMBIENTAL

O monitoramento dos níveis de ruído ambiental realizado nos períodos diurno e noturno, no entorno do platô. A intensidade do ruído foi avaliada de acordo com a resolução CONAMA 001/1990 do MMA, a partir dos níveis aceitáveis preconizados na norma ABNT NBR 10151:2000.

As **Tabelas 4.27 e 4.28 (ANEXO 5)** apresentam os resultados das medições realizadas no período diurno e noturno, respectivamente. Os parâmetros a seguir apresentam intensidade de ruído acima dos níveis aceitáveis de acordo com o valor de referência adotado. Os demais parâmetros não apresentaram intensidade de ruído acima valor de referência.

Diurno

Ruído: Nível acima do permitido para as leituras realizadas em todos os pontos de monitoramento dos platôs. A intensidade nesses pontos variou de 40,28 a 53,83 dB.

Noturno

Ruído: Nível acima do permitido para as leituras realizadas em todos os pontos de monitoramento do platô. A intensidade nesses pontos variou de 46,89 a 60,06 dB.

Além dos monitoramentos supracitados, foi realizado um estudo dedicado onde é apresentado o mapa de ruído dos equipamentos e máquinas empregados no platô. Conforme apresentado no **ANEXO 6**.

A partir dos resultados obtidos podemos verificar que para área de lavra leste o ponto mais próximo da fonte emissora de ruído atingiu 98,1 dB (A), o ponto mais extremo da fonte atingiu 32,1 dB (A), observa-se que nas áreas próximas a borda do platô os níveis de ruído são inferiores aos índices estipulados pela norma ABNT NBR 10151 para áreas rural, industrial e background 40 dB (A), 70 dB (A) e 42 dB (A), respectivamente.

Em relação aos dados obtidos para a lavra oeste, observa-se que no ponto mais próximo da fonte de ruído atingiu 92,1 dB (A) e 33,1 dB (A) ao ponto mais afastado, resultado semelhante ao anterior. Nas áreas de borda do platô os níveis de ruído apresentam níveis baixos, inferiores aos índices estipulados pela norma ABNT NBR 10151.

Para as duas áreas de lavra estudadas acompanhamos um comportamento semelhante do ruído, ou seja, para os pontos mais próximos da fonte obteve-se valores elevados e para os pontos mais distantes valores mais baixos, com decréscimo significativo. Este comportamento já era previsto considerando que a propagação do nível de ruído ambiental é influenciada principalmente pelos fatores divergência geométrica, absorção atmosférica e reflexão, tema melhor explicado no capítulo 5 do documento apresentado no anexo 6. Vale ressaltar que os valores dos pontos mais distantes ficaram abaixo do valor de *background*.

4.3.3. METEOROLÓGICO

O monitoramento meteorológico realizado no período avaliou as condições climáticas locais, a partir da coleta de dados dos parâmetros pluviometria, umidade relativa, temperatura, radiação solar, pressão atmosférica, velocidade e direção dos ventos nas estações localizadas na mina e área do Porto, conforme resultados apresentados a seguir.

As **Tabelas** de **4.29** a **4.35 (ANEXO 5)** apresentam os resultados dos parâmetros analisados por platô.

Os valores apresentados a seguir são referentes às médias do período, assim como os índices mínimos e máximos calculados.

Pluviometria: O índice registrado no período foi de 131,59 mm. No mês de setembro foi registrado o menor índice de chuva, 5,9 mm, já em março o maior, 266,89 mm;

Umidade relativa: A umidade para o período foi de 98,45 %, sendo a mínima em setembro, 95,2 % e a máxima em julho, 99,97 %;

Temperatura: Para o período a temperatura média foi de 27,13 °C, sendo a mínima 25,55 °C registrada no mês março, e a máxima 29,3 °C registrada no mês de outubro;

Radiação solar: No período foi de 193,17 W/m², a menor intensidade foi observada no mês de março, 148,93 W/m², e a maior no mês de setembro, 240,9 W/m²;

Pressão atmosférica: No período 744,05 mmHg. A menor foi registrada no mês de março 7724,43 mmHg e a maior no mês de junho 747,33 mmHg;

Velocidade do vento: No período foi registrada a velocidade de 0,959 m/s. A velocidade mais baixa foi registrada em maio e julho, 0,8 m/s e a alta em dezembro, 1,2 m/s; e

Direção do vento: A direção predominante do vento no período foi no sentido lés-nordeste-leste.

4.3.4. MITIGAÇÃO DE PARTÍCULAS

O programa de mitigação de partículas é realizado em todas as áreas de lavra, a partir da aspersão de água para controle da emissão de partículas devido a movimentação de veículos.

A **Tabela 4.36 (ANEXO 5)** apresenta o volume de água utilizada no controle da poeira nas áreas de operação nos platôs. O volume total de água consumido no período foi de Monte Branco (15720 m³), o volume de água em questão foi utilizado no controle de poeira nas áreas de obras.

4.4. CERTIFICADOS E AFERIÇÕES DE EQUIPAMENTOS DA MRN

Para o período, foram calibrados e aferidos os equipamentos utilizados pela MRN para realização das atividades de monitoramento ambiental, onde foram calibrados o analisador de DBO digital e decibelímetro. Os laudos de calibração e aferição estão disponíveis no **ANEXO 7**.

5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Em atendimento a condicionante 2.6 da licença de operação (LO nº1172/2015) do Monte Branco, foi realizado o tratamento estatístico dos dados coletados nesse platô. As análises estatísticas, tais como média, desvio padrão e coeficiente de variação e análise de variância foram realizadas somente para os parâmetros que apresentaram concentrações acima do valor de referência adotado (VMP – valor máximo permitido).

Para o tratamento estatístico foi realizado a partir da análise de variância (ANOVA). A metodologia testa a hipótese nula de que as variâncias na população são iguais (homogeneidade da variância), e se o resultante p-valor no teste for inferior a um certo nível de significância (normalmente 0,05), onde as diferenças obtidas nas variâncias amostrais não são susceptíveis da ocorrência com base numa amostragem aleatória de um grupo com variâncias iguais, a hipótese nula de variâncias iguais é rejeitada, concluindo que existe uma diferença entre as variações na população analisada.

Para análise estatística foram considerados os valores reportados nos laudos analíticos sem sinal de menor em relação ao limite de quantificação, onde o resultado apresentado é de <X,XX, considerou se X,XX. Esse procedimento foi adotado pois o programa reconhece o sinal de menor como texto e desconsidera o valor, dessa forma, para o ponto não ser considerado como zero, foi adotado esse procedimento.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na recuperação das áreas afetadas por processos erosivos foram utilizadas práticas conservacionistas para a reestruturação dos taludes, assim como a implantação de barragens do tipo castor. Essas medidas estão sendo acompanhadas e demonstram serem eficientes para recuperação das áreas. Para revegetação foi utilizada em alguns casos a hidrossemeadura (aspersão de sementes em meio aquoso) de espécies gramíneas e de leguminosas de crescimento rápido, bem como, o plantio de espécies arbóreas.

Com relação ao programa de recuperação de área degradada, os resultados obtidos demonstram que o procedimento que está sendo adotado garante à proteção da faixa de borda e conseqüentemente a estabilidade das encostas dos platôs que estão em operação.

Em relação ao sistema de drenagem, estes foram monitorados de acordo com o cronograma de vistorias, esse modo de execução vem se mostrando eficiente no monitoramento dos sistemas de drenagens das estradas que cruzam o empreendimento, os serviços executados em 2015 demonstraram que o acompanhamento intermitente, com execução de manutenções preventivas/corretivas, permitiu identificar e mitigar todo e qualquer desvio identificado em tempo hábil, evitando assim quaisquer possíveis danos ao meio ambiente.

Em relação ao reflorestamento, em praticamente todas as áreas foi observada densidade de média à alta da vegetação arbórea, o que resulta de maior deposição de material vegetal proporcionando a reestruturação dos ecossistemas. O modelo de curvas aplicado nessas áreas é satisfatório, pois apresenta contribuições significativas e conclusivas acerca do assunto, no entanto todas as áreas se encontraram estáveis apresentando baixo risco de movimentação de solo.

6.1. PIEZÔMETROS

Os resultados das amostras de água subterrânea coletadas nos piezômetros profundos não apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido.

6.2. NASCENTES

Os resultados das amostras de água superficial coletadas nas nascentes no entorno do platô apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido (VMP) para os parâmetros *Alumínio*, *Ferro* e *pH*, conforme apresentado nos **Gráficos 6.1 a 6.3** a seguir. Os demais parâmetros não apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido.

Gráfico 6.1 – Variação de alumínio nas nascentes do platô Monte Branco

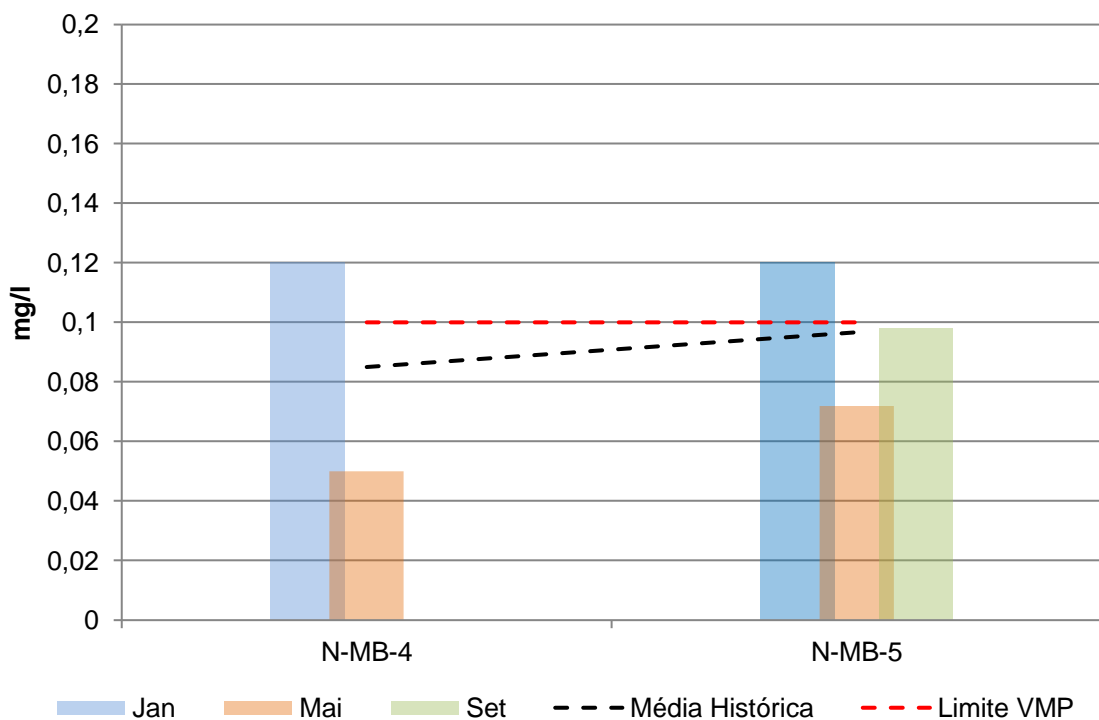


Gráfico 6.2 – Variação de pH nas nascentes do platô Monte Branco

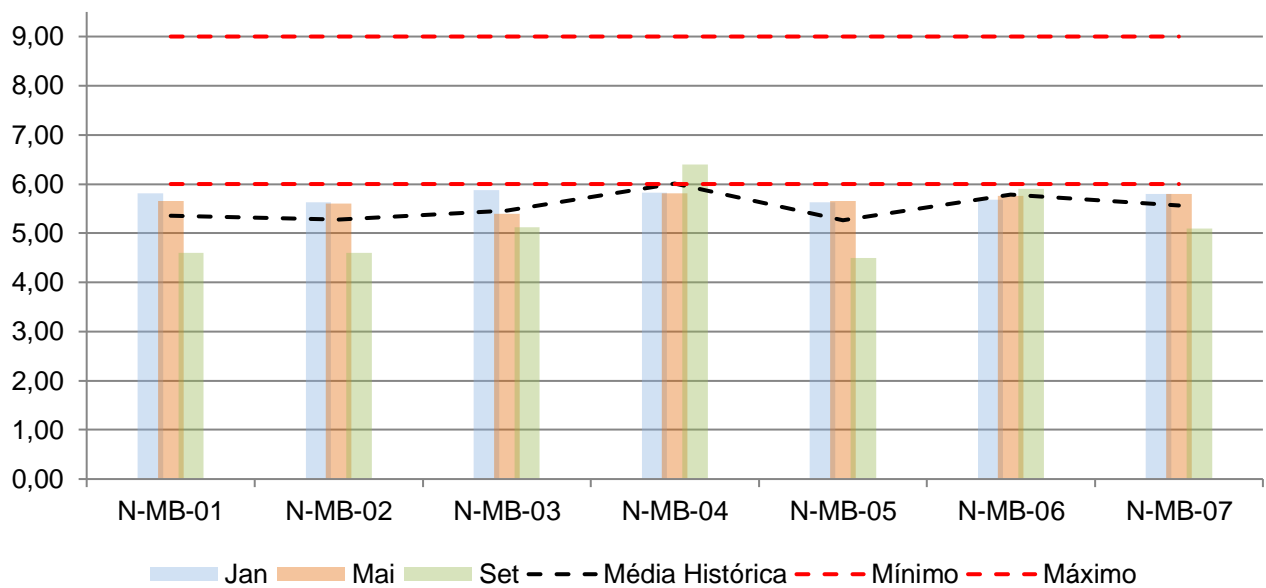
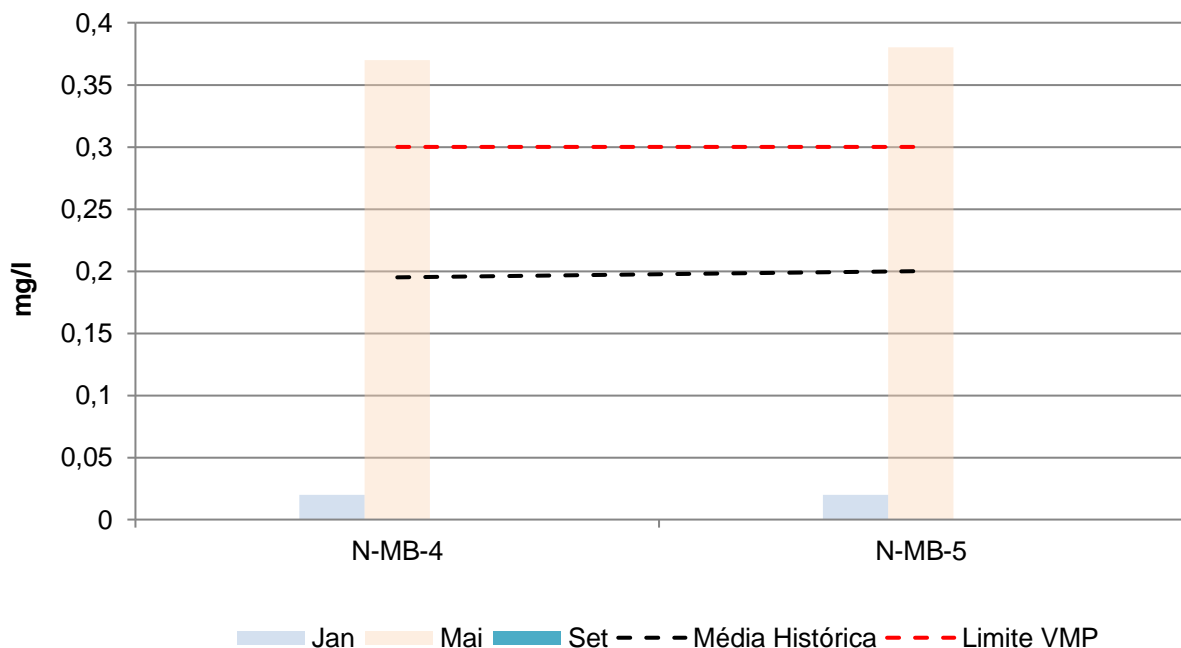


Gráfico 6.3 – Variação de ferro solúvel nas nascentes do platô Monte Branco



Avaliando a apresentação gráfica com as concentrações de alumínio e ferro detectadas nas amostras de água superficial coletada nas nascentes no entorno do platô, as concentrações variaram significativamente em alguns pontos entre as campanhas, variação que pode estar atrelada a precipitação, que acaba aumentando e/ou diluindo as concentrações dos parâmetros analisados.

Já o parâmetro pH ao longo das campanhas de amostragem não apresenta variações significativas, se mantém na mesma ordem de grandeza, fator que pode estar relacionado as características locais da água.

6.3. IGARAPÉS

Os resultados das amostras de água superficial coletadas nos igarapés do entorno, ou de jusante e montante do platô, apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido (VMP) para os parâmetros Alumínio, Ferro, DBO e pH, conforme apresentado nos **Gráficos 6.4 a 6.7** a seguir. Os demais parâmetros não apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido.

Gráfico 6.4 – Variação de alumínio nos igarapés do platô Monte Branco

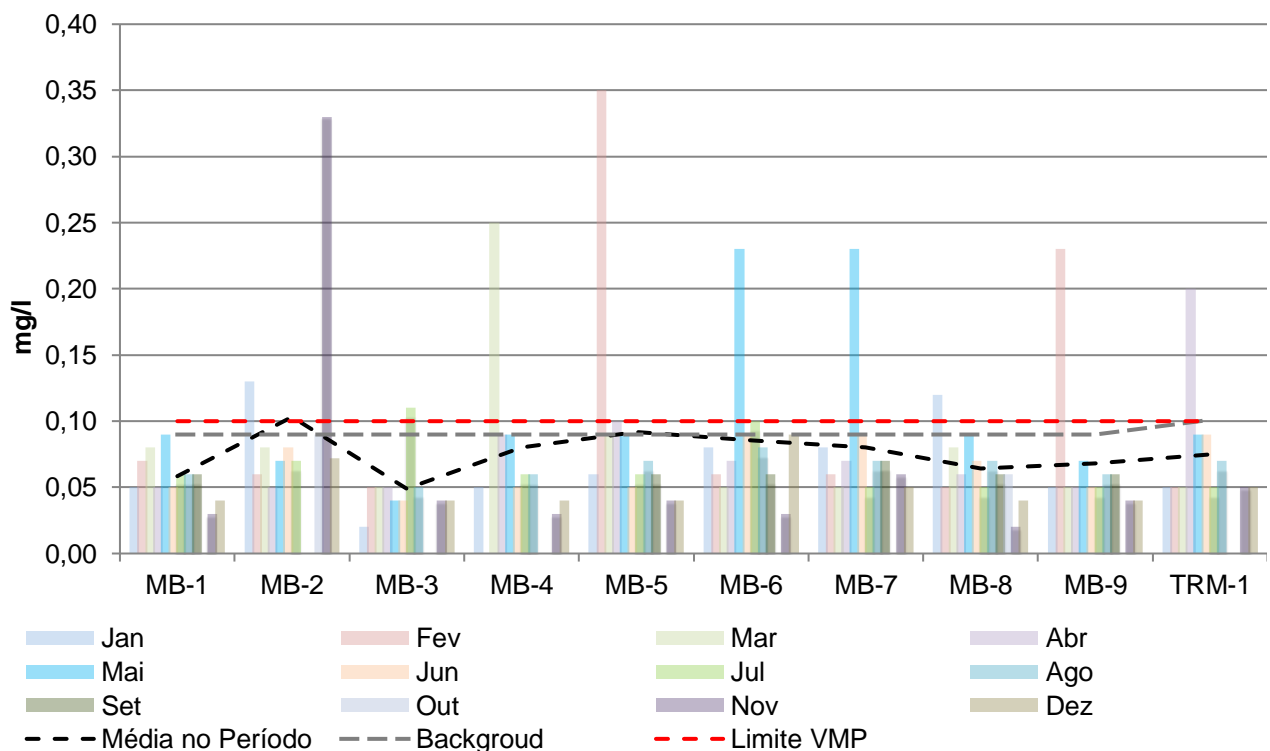


Gráfico 6.5 – Variação de DBO nos igarapés do Monte Branco

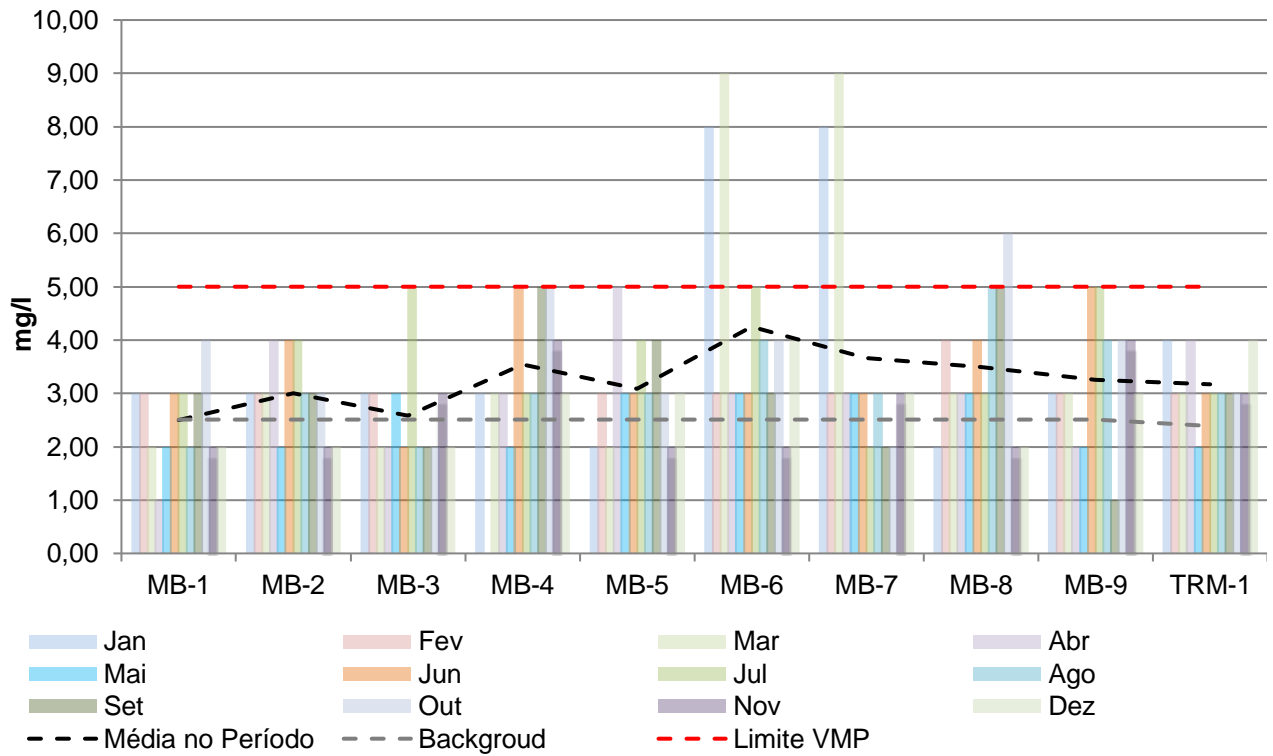


Gráfico 6.6 – Variação de ferro nos igarapés do platô Monte Branco

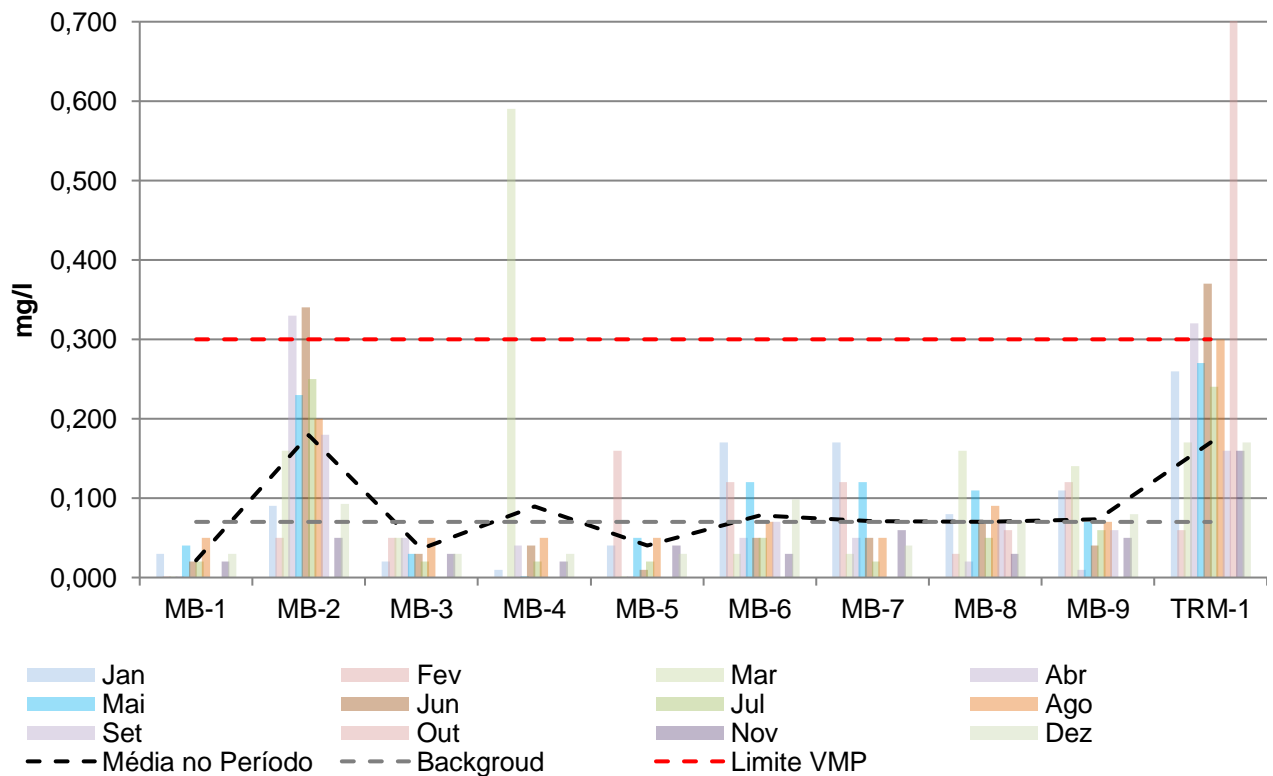
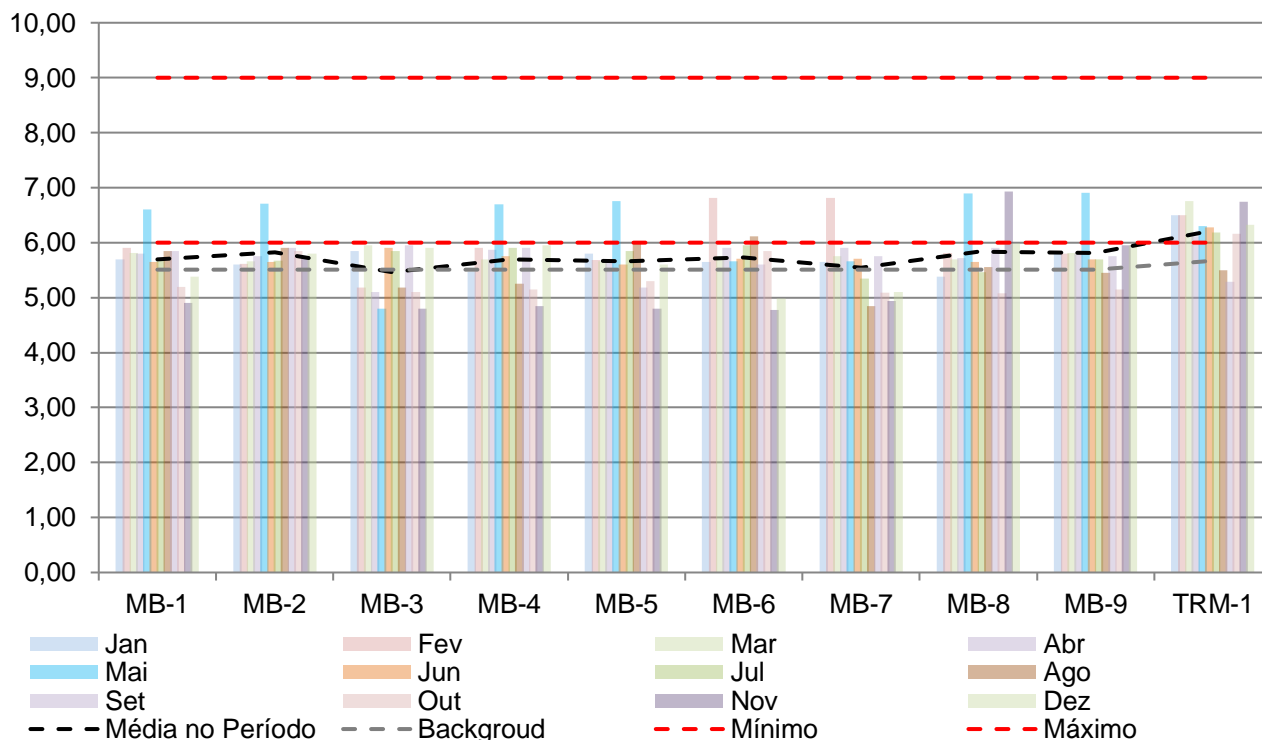


Gráfico 6.7 – Variação de pH nos igarapés do platô Monte Branco



Avaliando a apresentação gráfica com as concentrações das amostras coletadas nos igarapés, observamos que os parâmetros alumínio, DBO, ferro e pH foram identificados praticamente em todas as amostras de água superficial coletadas no entorno do platô e na área do porto nas campanhas de amostragem. As concentrações variaram significativamente em alguns pontos entre as campanhas, que pode estar atrelada a precipitação, que acaba concentrando e/ou diluindo as concentrações dos parâmetros analisados.

Dos parâmetros identificados, o alumínio é característico da região, devido à presença da bauxita (minério de alumínio), que também contém outros parâmetros como sílica, óxido de ferro, dióxido de titânio, silicato de alumínio e outras impurezas em quantidades menores, dessa forma, esse parâmetro se torna característico da região, assim como o ferro, encontrado no solo da região, rico em óxidos de ferro. Apesar das concentrações estarem acima do VMP, podemos considerar que estas são *background* da área, ou seja, sempre estarão presentes nas análises químicas, ora abaixo dos limites estipulados na legislação, ora acima destes.

Já o parâmetro DBO identificado nas amostras, pode estar relacionado à quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica no meio aquático por processos

biológicos, como os igarapés são responsáveis por receber toda água proveniente da precipitação na região e está inserido em um sistema rico em matéria orgânica, a identificação desse parâmetro é praticamente inevitável, assim como o alumínio e ferro.

O parâmetro pH na faixa identificada também pode ser considerado como característico da região, devido a composição do solo, tropical, que apresentam em sua fração de argila, óxidos de alumínio (gibbsita) e óxidos de ferro (hematita, goethita, lepidocrocita), assim como outros. Além dessas características do solo, a região também é rica em matéria orgânica, que acaba contribuindo para tal fator. No entanto, quando avaliamos a concentração média histórica, os valores não chegam ao limite mínimo estabelecido na legislação aplicável.

6.4. EFLUENTES LÍQUIDOS

Os resultados das amostras de efluente líquido coletadas nas áreas de Mina e Porto, apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido (VMP) para os parâmetros sólidos sedimentáveis e óleos e graxas, conforme apresentado nos **Gráficos 6.8 e 6.9** a seguir. Os demais parâmetros não apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido.

Gráfico 6.8 – Variação de sólidos sedimentáveis no efluente líquido do platô Monte Branco

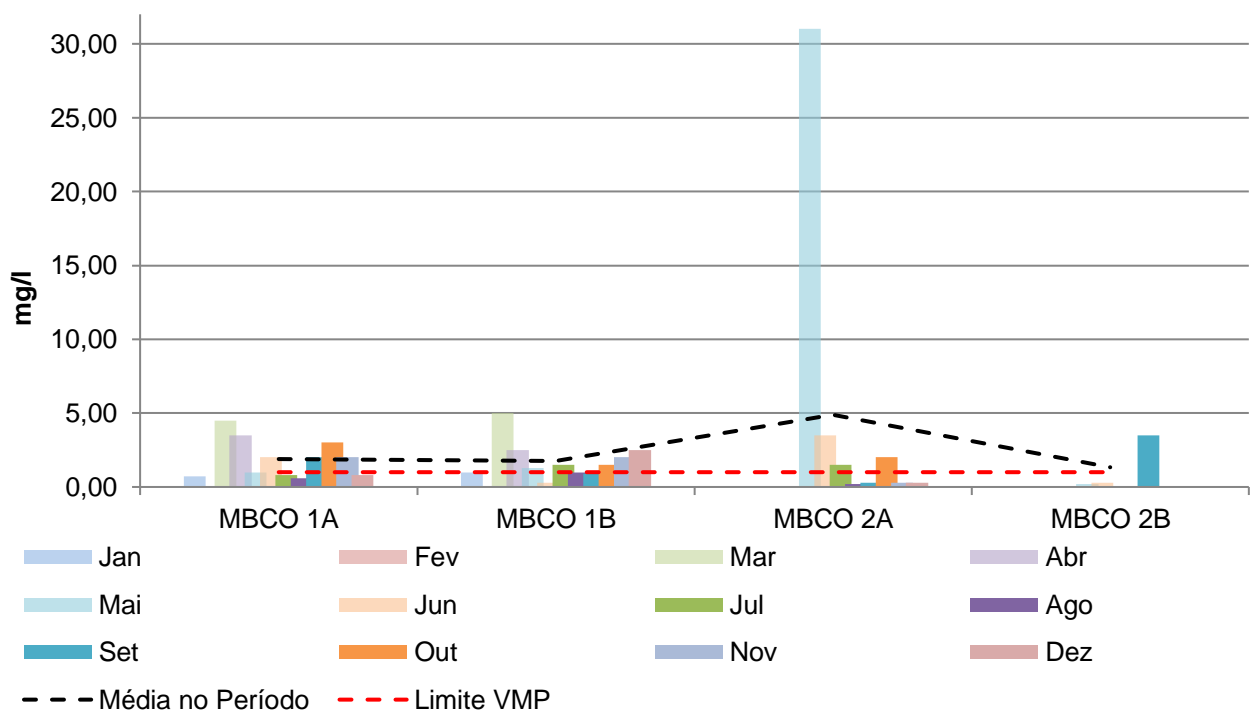
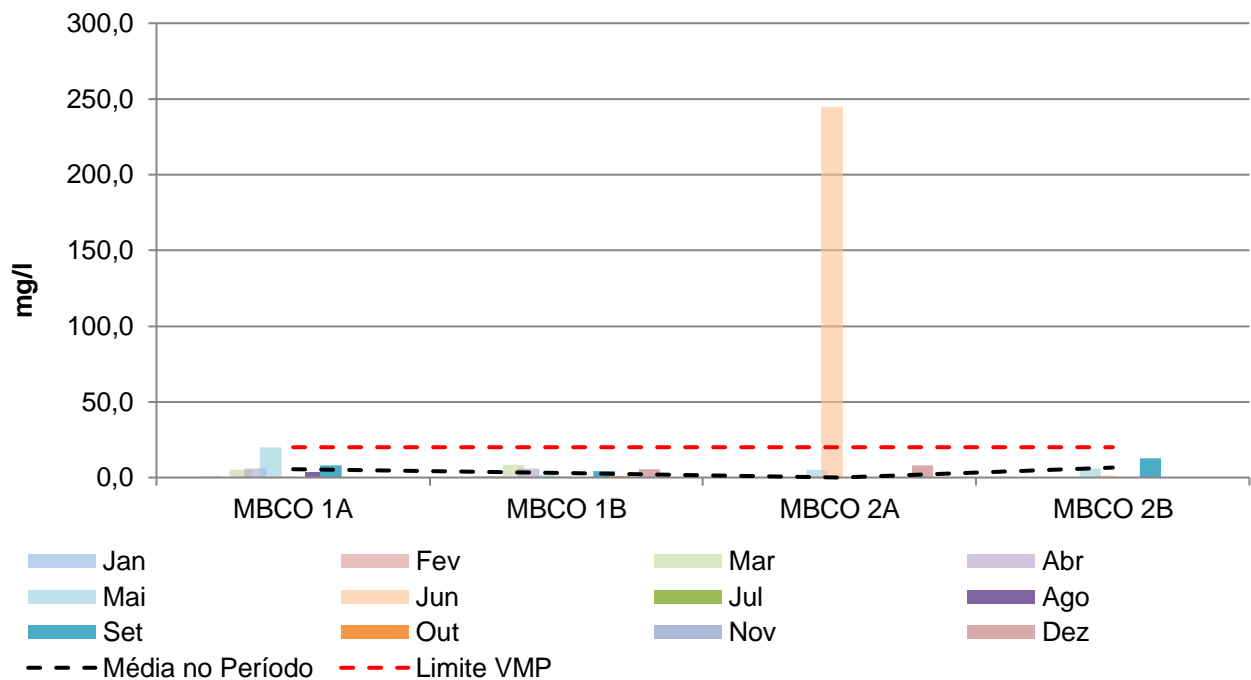


Gráfico 6.9 – Variação de óleos e graxas no efluente líquido do platô Monte Branco



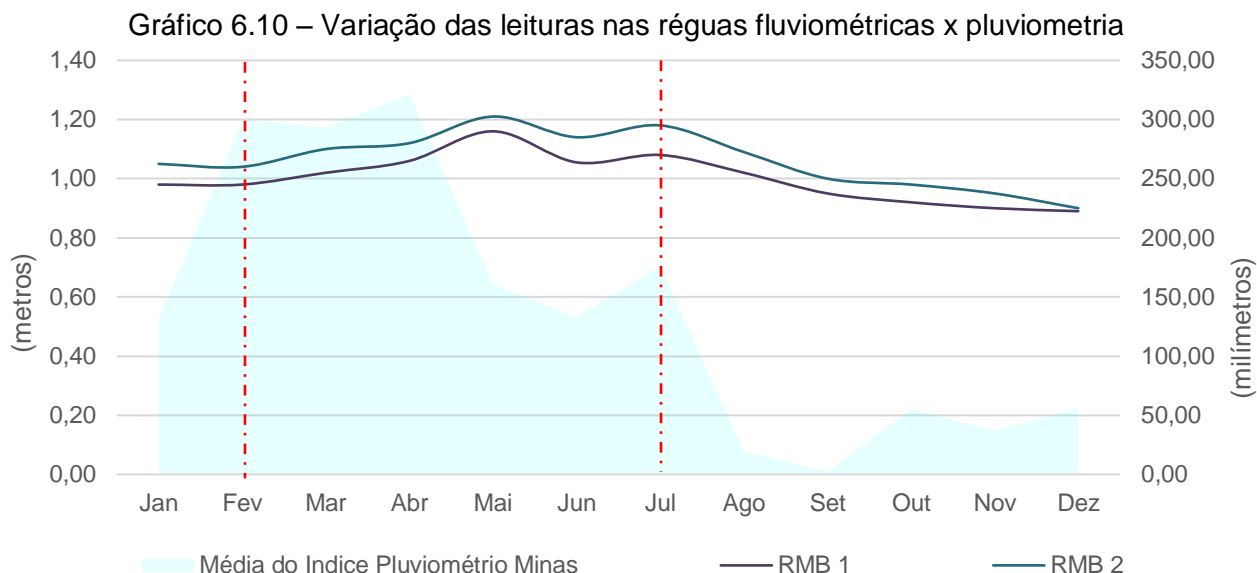
No gráfico 6.9 não foram lançados os valores referente ao mês de setembro devido ao valor discrepante, que acabaria prejudicando a apresentação dos valores graficamente, porém o valor foi considerado na avaliação. Avaliando a apresentação gráfica com as concentrações das amostras dos efluentes líquidos industriais, observamos que os parâmetros óleos e graxas e sólidos sedimentáveis foram identificados acima do valor máximo permitido para algumas amostras.

Os parâmetros sólidos sedimentáveis e óleos e graxas detectados acima dos limites, estão relacionados à desvios pontuais no processo de tratamento, não ocorrem na maior parte do tempo, e serão tratados com objetivo da eliminação do problema. Em relação a concentração de 10984 ug/l identificada no mês de setembro, está foi pontual e foi encaminhada para área responsável para tratativas. Após este desvio, nos meses subsequentes não foram identificados valores nessa ordem de grandeza.

6.5. FLUVIOMÉTRICO

O monitoramento fluviométrico apresenta dos dados das medições linimétricas nas estações de monitoramento, onde foram determinadas as cotas da lâmina da água nos igarapés ao redor do platô. A partir dessas leituras, os valores foram comparados com o

volume médio de chuva no período para as minas, conforme apresentado no **Gráfico 6.10** a seguir.

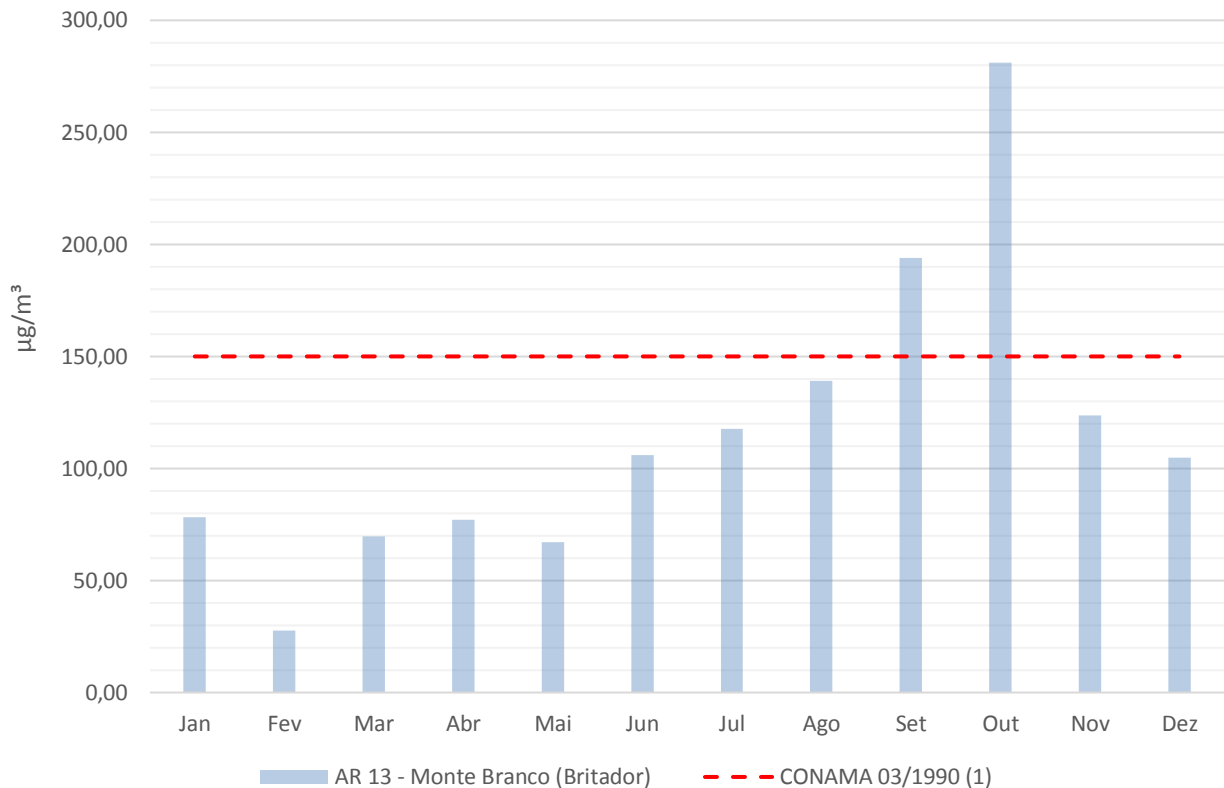


Podemos observar que o nível da lâmina da água nos igarapés e rio Trombetas acompanha o volume das chuvas, porém com cerca de alguns meses de atraso, conforme ilustrados pelas linhas de referência nos gráficos, isso é causado pelo tempo de escoamento das águas pelo terreno de mata densa até os igarapés. Nos gráficos é possível verificar que essa elevação do nível da lamina da água inicia-se no mês de março, atingindo o nível máximo em maio, e descendo a partir do mês de junho.

6.6. EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Os resultados do monitoramento de qualidade do ar no ponto de coleta localizado no platô, apresentou concentração para os parâmetros partículas totais em suspensão (PTS) para o ponto apresentado a seguir no **Gráfico 6.11**.

Gráfico 6.11 – Partículas totais em suspensão



Avaliando a apresentação gráfica, o ponto AR 13 apresentou concentração para o parâmetro partículas totais em suspensão acima dos limites de referência. Os demais pontos apresentaram concentrações abaixo dos valores de referência, assim como os pontos analisados para o parâmetro partículas inaláveis. As informações foram repassadas para os responsáveis pela operação na mina para que seja reforçado a aspersão nessas áreas.

6.7. RUÍDO AMBIENTAL

Os resultados do monitoramento de ruído nos pontos de coleta localizados na área de Mina, a partir das medições realizadas no período diurno e noturno, são apresentados nos **Gráficos 6.12 a 6.13** a seguir.

Gráfico 6.12 – Monitoramento de ruído no platô Monte Branco – Diurno

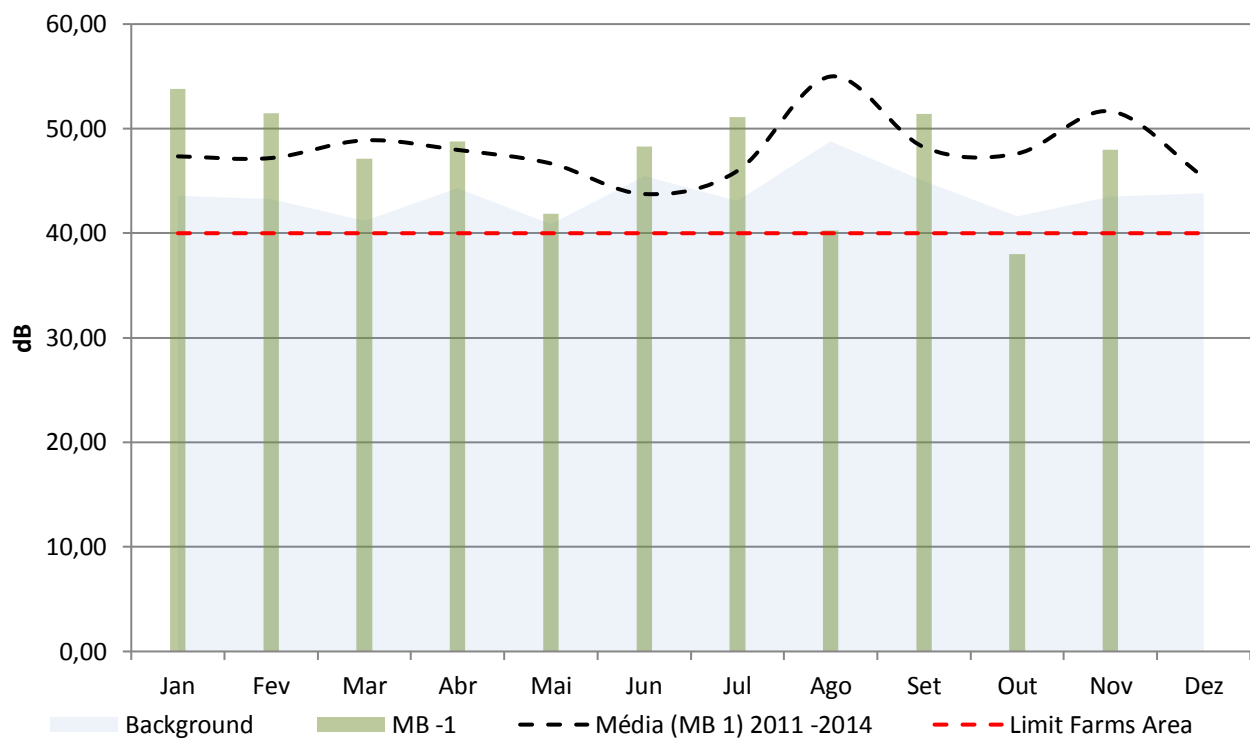
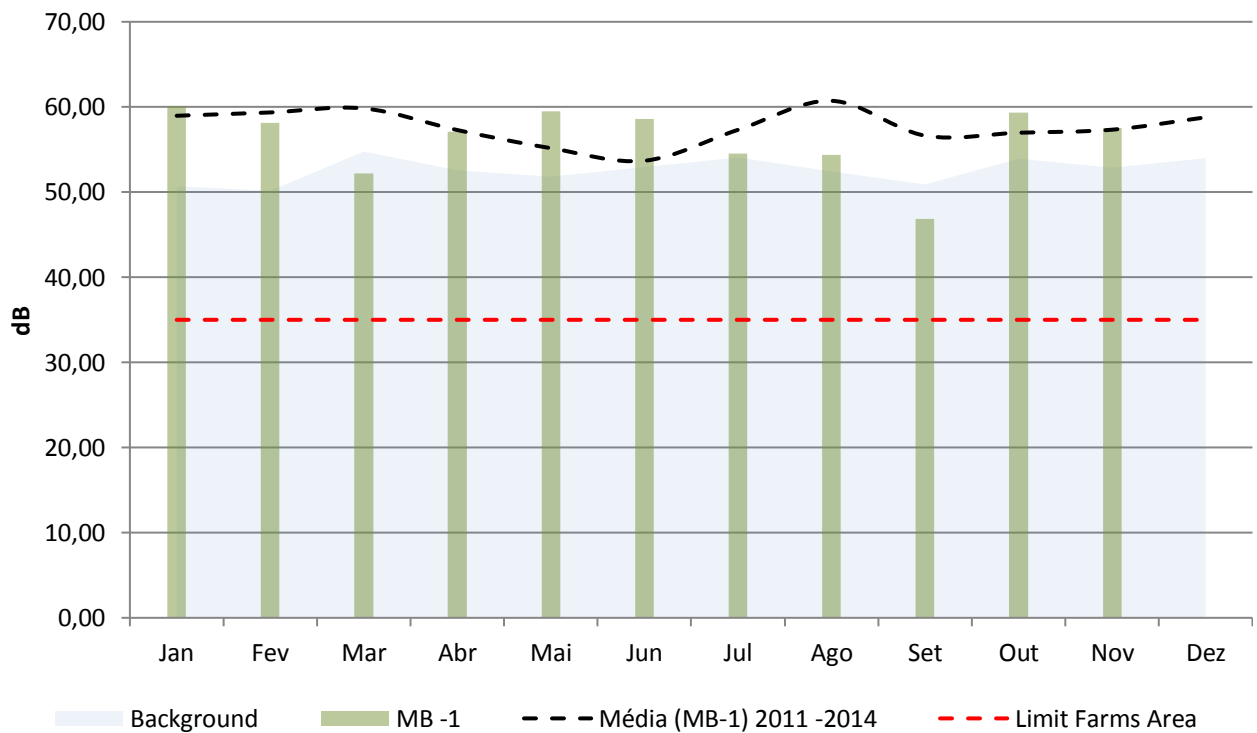


Gráfico 6.13 – Monitoramento de ruído no platô Monte Branco – Noturno

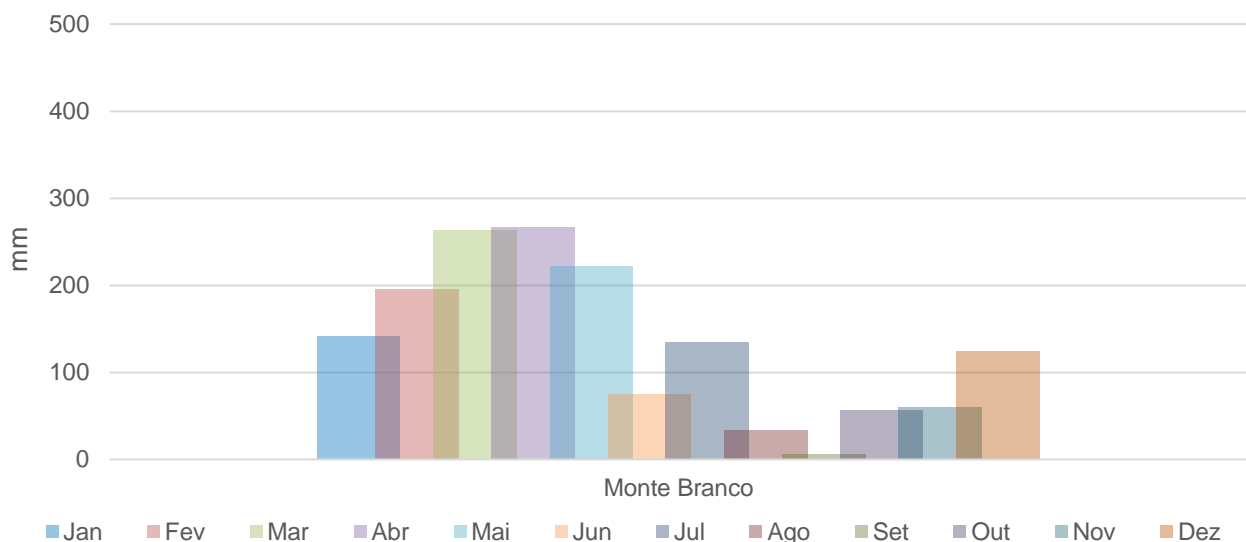


Avaliando a apresentação gráfica com valores de ruído identificado no ponto de medição, é possível observar que as leituras realizadas para o período diurno e noturno ficaram acima dos limites de referência. Nos gráficos podemos observar também que em todos os pontos os resultados de *background* estão acima dos limites de referência, ou seja, os desvios identificados, em relação ao padrão estabelecido já ocorre independentemente das interferências causadas pelas atividades de operação.

6.8. MONITORAMENTO METEOROLÓGICO

O **Gráfico 6.14** a seguir apresenta os dados pluviométricos contabilizados no período.

Gráfico 6.14 – Monitoramento pluviométrico



A partir dos resultados apresentados no gráfico acima, podemos verificar o regime de chuva se manteve dentro na normalidade, com maior intensidade no início do período e menor no final. O menor volume registrado foi de 5,9 mm e 266,89 mm o maior, o volume acumulado no período registrado no platô foi 1579,17 mm.

Em relação a umidade relativa do ar, a mínima registrada foi de 52,8 e a máxima 99,97%. Valores considerados normais de acordo com as características da região Amazônica. As temperaturas registradas ficaram abaixo dos 30 graus, sendo a mínima 25,35 °C e máxima 31,6 °C.

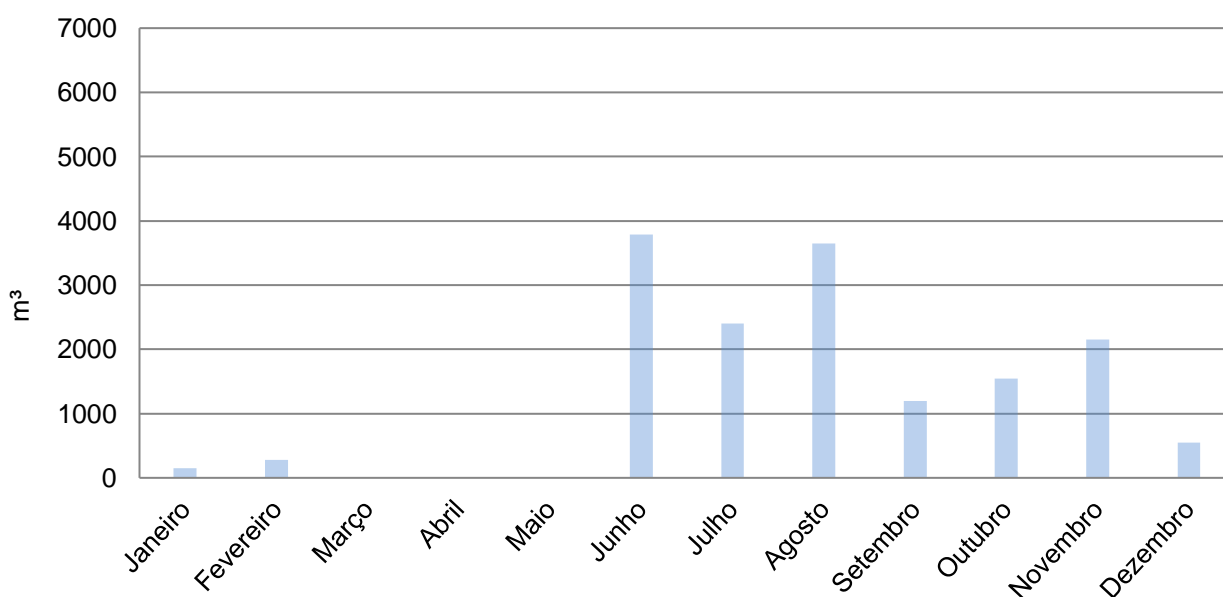
A intensidade de radiação solar no período variou entre 56,61 a 322,8 W/m², e a pressão atmosférica de 717,07 a 762,7 mmHg. A velocidade do vento variou de 0,39 a 4,66 m/s, sendo que a maior velocidade média (3,81 m/s) foi registrada na área do Porto e a menor no platô Bela Cruz (0,56 m/s).

Para a projeção da direção dos ventos, foram consideradas as medias obtidas em cada platô. No Monte Branco, Bela Cruz e Saracá a direção predominante foi de lés-nordeste ENE (67,5°) a lés-sudeste – ESE (112,5°). Para área do porto, o sentido predominante foi para su-sudeste - SSE (168,75°).

6.9. MITIGAÇÃO DE PARTÍCULAS

O programa de mitigação de partículas foi realizado na área do platô. O volume total de água consumido no período foi de 15720 m³. O **Gráfico 6.15** apresenta os dados do volume (m³) de água utilizado na aspersão para o controle de poeira.

Gráfico 6.15 – Volume de água usado na aspersão ao longo do período



6.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Primeiramente foram realizadas análises estatísticas descritivas, considerando a média, o desvio padrão e coeficiente de variação para todos os parâmetros coletados no platô Monte Branco. Quando necessário após a avaliação preliminar, onde foi observado alguma dispersão nos dados avaliados, uma análise de variância (ANOVA) foi gerada a

fim de avaliar a igualdade (homogeneidade) das variâncias e/ou desvios padrão de múltiplas populações.

A partir dos dados, também foram realizados dois testes de hipótese, comparação múltipla e Levene, onde foram calculados os valores de p , cuja interpretação considera as seguintes hipóteses: Se o valor- p for maior que o nível de significância escolhido (também chamada de alfa ou α), você não poderá rejeitar a hipótese nula e se o valor- p for maior que α , você poderá rejeitar a hipótese nula e concluir que as variâncias (e os desvios padrão) das populações são diferentes. Para a maioria das distribuições contínuas, os dois métodos lhe dão uma taxa de erro que esteja próxima do seu nível de significância especificado. O método de múltiplas comparações é normalmente mais poderoso, pois se o valor- p para o método de múltiplas comparações for significativo, você pode usar o gráfico de resumo para identificar populações específicas que têm desvios padrão que são diferentes entre si.

O tratamento estatístico para as amostras coletadas no platô Monte Branco foi realizado somente para os parâmetros que apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido (VMP) do CONAMA para as amostras coletadas nos igarapés, nascentes e efluentes.

6.10.1. IGARAPÉS

Os parâmetros que apresentaram concentrações acima dos valores de referência para as amostras coletadas nos igarapés foram Alumínio, DBO, Ferro e pH, os resultados estatísticos são apresentados a seguir separados por parâmetro, a saber.

Devido sua localização, o ponto monitoramento TRM-1 faz parte da malha de amostragem pertencente ao Monte Branco, mas devido a sua localização este ficou fora da análises, pois acaba sofrendo influência de outras áreas, uma que sua localização é no lago do Moura.

Alumínio: As **Tabelas 6.1** e **6.2** a seguir apresentam os dados utilizados para os cálculos estatísticos para o parâmetro, vale ressaltar que foram utilizados apenas os dados coletados em 2015 para evitar possíveis distorções, uma vez que os dados são referentes as concentrações obtidas a partir de amostras coletadas fora de um ambiente controlado.

Tabela 6.1 – Dados alumínio coletados no semestre

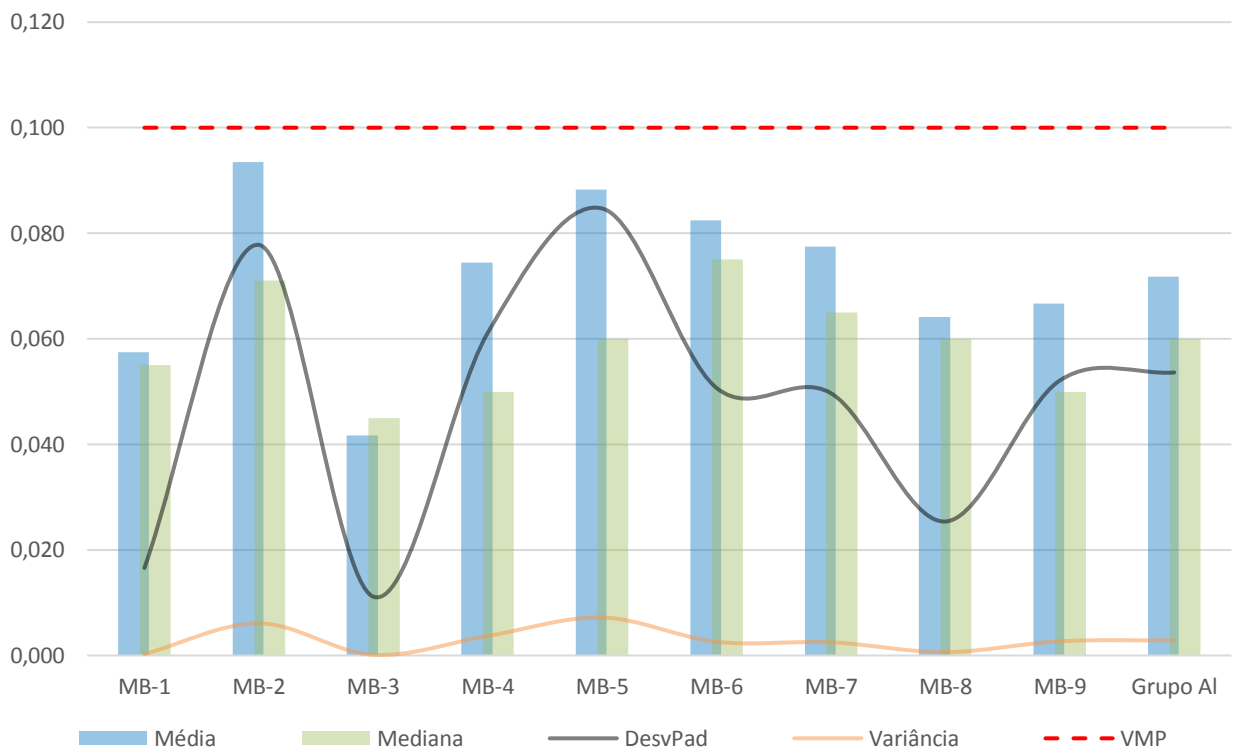
Mês/Pontos	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5	MB-6	MB-7	MB-8	MB-9
Jan	0,05	0,13	0,02	0,05	0,06	0,08	0,08	0,12	0,05
Fev	0,07	0,06	0,05	NA	0,35	0,06	0,06	0,05	0,23
Mar	0,08	0,08	0,05	0,25	0,09	0,05	0,05	0,08	0,05
Abr	0,05	0,05	0,05	0,09	0,1	0,07	0,07	0,06	0,05
Mai	0,09	0,07	0,04	0,09	0,09	0,23	0,23	0,09	0,07
Jun	0,05	0,08	0,04	0,05	0,05	0,09	0,09	0,07	0,05
Jul	0,06	0,06	0,02	0,06	0,06	0,1	0,05	0,05	0,05
Ago	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06
Set	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06
Out	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05
Nov	0,03	0,33	0,04	0,03	0,04	0,03	0,06	0,02	0,04
Dez	0,04	0,072	0,04	0,04	0,04	0,09	0,05	0,04	0,04

Tabela 6.2 – Estatísticas descritivas para o parâmetro alumínio

Variável	Média	Mediana	DesvPad	Variância	CoefVar	Mínimo	Máximo	Soma	Amplitude
MB-1	0,0575	0,055	0,01658	0,00028	28,84	0,03	0,09	0,69	0,06
MB-2	0,0935	0,071	0,0778	0,0061	83,21	0,05	0,33	1,122	0,28
MB-3	0,04167	0,045	0,01115	0,00012	26,75	0,02	0,05	0,5	0,03
MB-4	0,0745	0,05	0,0611	0,0037	81,9	0,03	0,25	0,82	0,22
MB-5	0,0883	0,06	0,0847	0,0072	95,92	0,04	0,35	1,06	0,31
MB-6	0,0825	0,075	0,0507	0,0026	61,4	0,03	0,23	0,99	0,2
MB-7	0,0775	0,065	0,0497	0,0025	64,19	0,05	0,23	0,93	0,18
MB-8	0,06417	0,06	0,02539	0,00064	39,57	0,02	0,12	0,77	0,1
MB-9	0,0667	0,05	0,0521	0,0027	78,16	0,04	0,23	0,8	0,19
Grupo Al	0,07179	0,06	0,5362	0,00288	74,69	0,02	0,35	7,682	0,33

A Tabela 6.2 acima apresenta os cálculos obtidos a partir da estatística descritiva realizada por ponto de amostragem e para o grupo todo de pontos. Os dados também são apresentados no **Gráfico 6.15** a seguir, com a média, mediana, desvio padrão e variância, assim como os limites de referência (VMP).

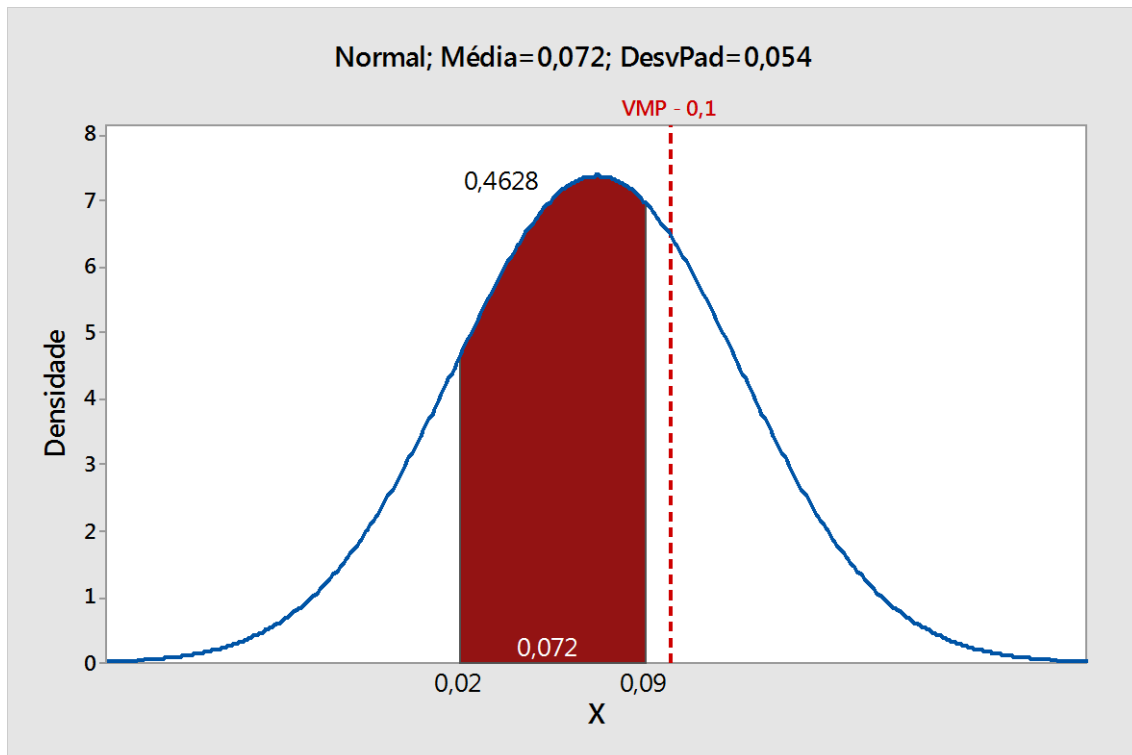
Gráfico 6.16 – Estatística descritiva para o parâmetro alumínio



Avaliando os resultados da tabela 6.2 e o gráfico acima, podemos verificar que os desvios padrões para as amostras coletadas nos pontos MB-2, 4 e 5 apresentaram maior desvio em relação aos demais pontos, conseqüentemente a variância também é maior. Quando avaliamos os resultados no grupo, o desvio é relativamente menor, assim como a variação, porém ainda elevada.

Como os resultados obtidos apresentam uma certa dispersão nos pontos e questão em relação aos demais, optou-se por verificar a influência destes em uma distribuição normal dentro do grupo. Para avaliação optou-se por considerar um *range* de variação, sendo o menor resultado reportado pelo laboratório, 0,02, ao maior valor próximo do VMP de referência para o parâmetro, 0,099, conforme apresentado no **Gráfico 6.16** a seguir.

Gráfico 6.17 – Gráfico de distribuição do grupo de pontos



Observando o gráfico acima, podemos dizer que cerca de 46,28% dos valores analisados ficaram dentro do range adotado e 53,72% fora dele, podemos dizer que a variação observada está associada a praticamente metade das amostras coletadas. Para identificação das amostras que estão variando foi necessária uma avaliação mais profunda dos dados, para verificar a distribuição.

Para comparar uma tendência central e/ou variabilidade, assim como possíveis *outliers* desse nicho de amostras, foram elaborados Boxplot a fim de comparar as distribuições. Os **Gráficos 6.17** e **6.18** a seguir apresentam análise realizada para o grupo de amostras e para os pontos, respectivamente.

Gráfico 6.18 – Gráfico Boxplot do grupo de pontos

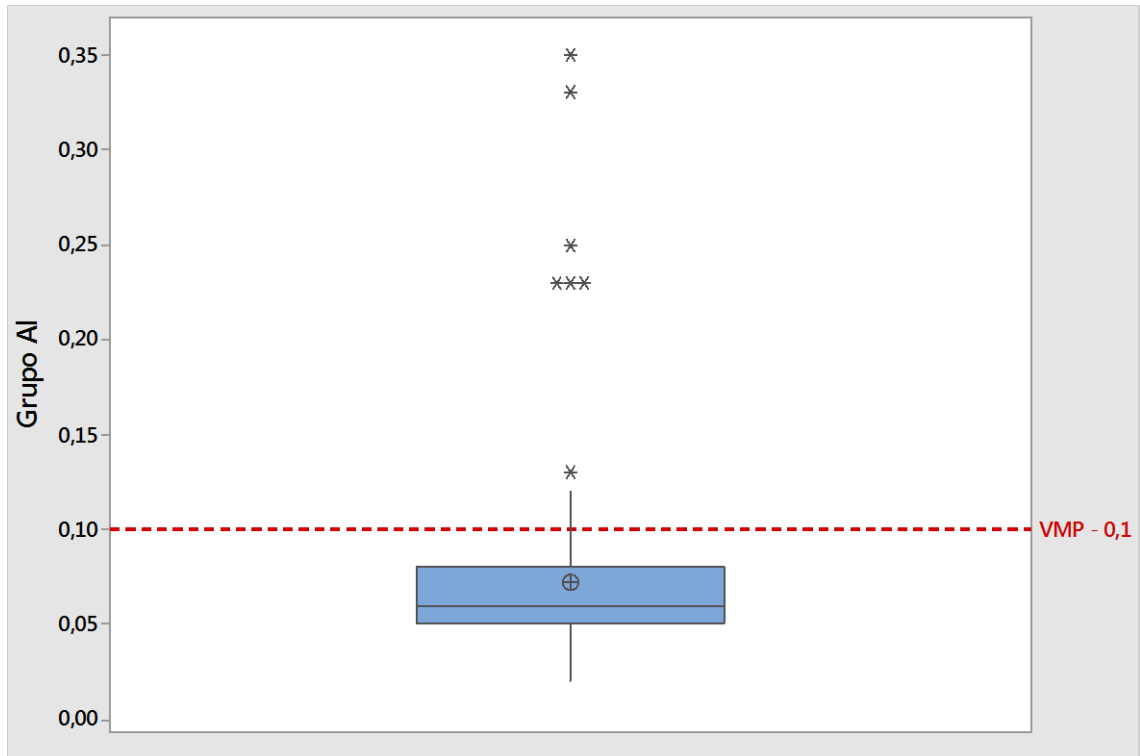
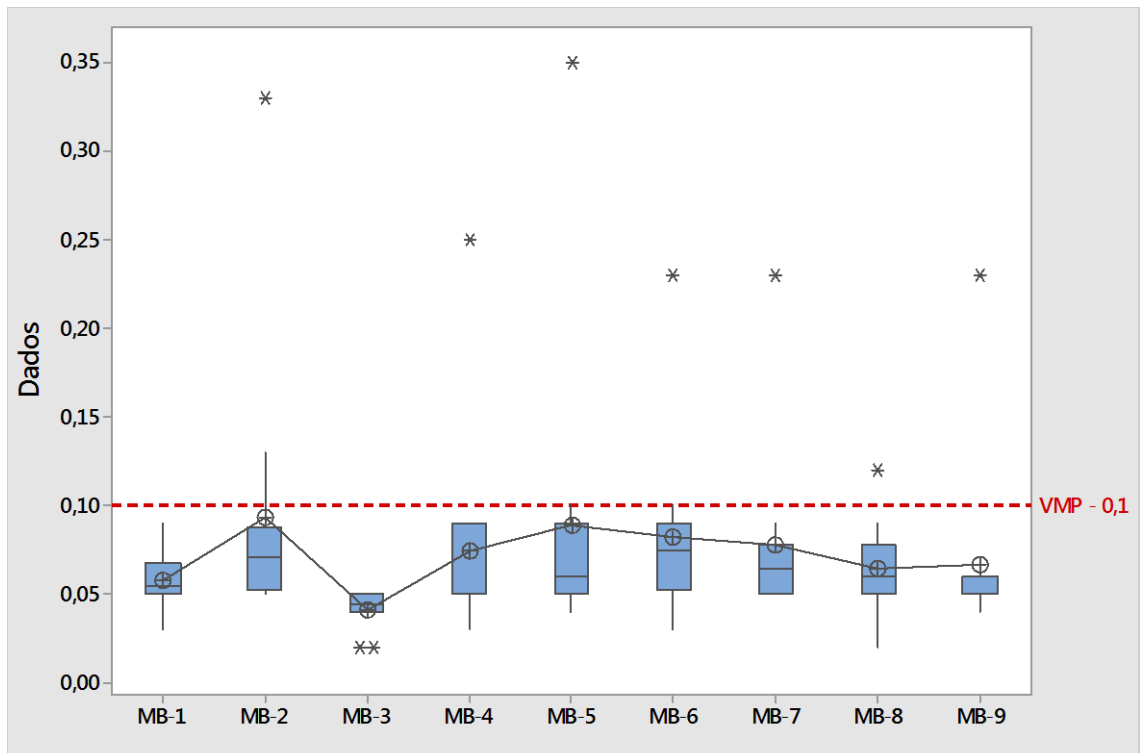


Gráfico 6.19 – Gráfico Boxplot dos pontos de monitoramento



Podemos observar alguns pontos distribuídos de forma desgarrada (*outliers*), estes serão considerados como pontos de atenção pois estão relacionadas as concentrações reais

identificadas nas amostras coletadas, serão avaliados no decorrer da análise. Alguns pontos estão relacionados ao baixo limite de quantificação reportado pelo laboratório.

No gráfico 6.100 quando observamos os dados analisados no grupo de amostras, estes são simétricos com baixa amplitude, como esperado os pontos com maior concentração foram identificados como outliers por estarem diferentes da grande maioria. No gráfico 6.101 a maior variabilidade entre as médias pode ser observada no ponto MB 3.

Essas variações podem ser consideradas como normal e dentro do esperado, uma vez que estamos trabalhando com pontos onde o fator externo (ambiente) pode influenciar diretamente nos resultados, ainda mais para esse parâmetro, presente em grandes concentrações na região. Porém, para avaliar se as variações identificadas em relação as medias são significantes, foi realizado um teste de igualdade de variâncias conforme apresentado a seguir.

Os **Gráficos 6.19** e **6.20** a seguir apresentam os testes de igualdade de variância para o grupo de pontos e entre o os pontos de monitoramento, respectivamente.

Gráfico 6.20 – Teste de igualdade de variâncias para o grupo de pontos

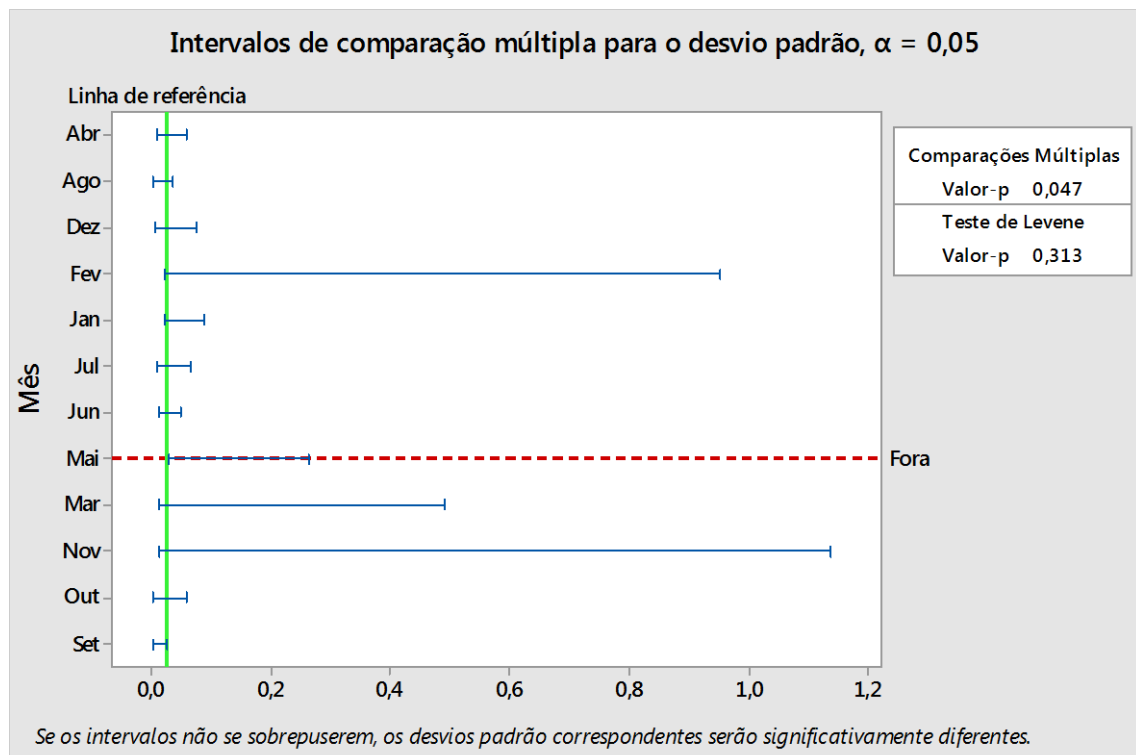
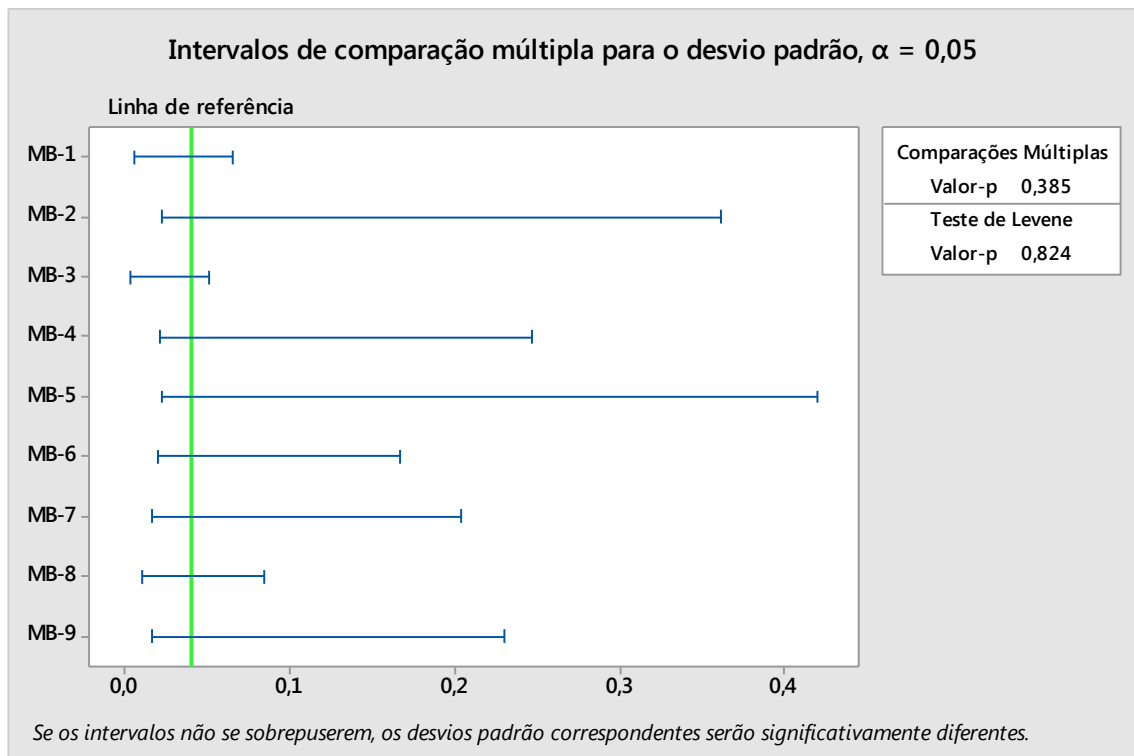


Gráfico 6.21 – Teste de igualdade de variâncias entre os pontos de monitoramento



Na primeira análise em relação aos gráficos de intervalos, referente aos resultados obtidos para o grupo de pontos, apesar das médias parecerem diferentes, essa diferença parece não ser significativa apesar da linha de referência não sobrepor todas as barras de intervalos, mas ainda intercepta quase todos os pontos, diferente do gráfico das análises para os pontos individuais, que a linha de referência sobrepõe facilmente todas as barras.

Como já observado no gráfico, o teste de igualdade de variâncias para o grupo de pontos apresenta um Valor-p de 0,047 para as comparações múltiplas, $P \geq 0,05$, pode ser considerado como significativo pois apresenta uma certa variação. Na análise para os pontos, o Valor-p identificado foi de 0,385, $P \geq 0,05$, pode ser considerado como não significativo.

No outro teste, o de Leneve, cujo objetivo foi avaliar a igualdade das variâncias a partir de uma variável calculada, os resultados obtidos nos testes foram Valor-p igual a 0,313 e 0,824, $P \geq 0,05$, dessa forma, não aceita a hipótese que as variâncias observadas nas análises sejam diferentes estatisticamente, afirmação como 95% de certeza.

Como os resultados obtidos nos testes de variância para o grupo de pontos apresentou uma pequena distorção, que pode estar ligada as concentrações de *background* da área, optou se por realizar uma análise de variância (ANOVA), onde assumiu-se a igualdade das variâncias identificadas, e o método adotado foi de Hipótese nula, todas as médias são iguais e Hipótese alternativa, no mínimo uma média é diferente. O nível de significância (α) utilizado foi de 0,05.

Os resultados obtidos nas análises realizadas no grupo de pontos, assim como para os pontos individualmente são apresentados abaixo, os **Gráficos 6.21** e **6.22** a seguir apresentam o complemento das análises realizadas.

Resultados do grupo de pontos.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Mês	11	0,04382	0,0037654	1,45	<u>0,164</u>
Erro	95	0,26094	0,002747		
Total	106	0,30476			

Resultados dos pontos de monitoramento.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	9	0,02514	0,003143	1,10	<u>0,369</u>
Erro	98	0,27962	0,002853		
Total	106	0,30476			

Gráfico 6.22 – Resíduos

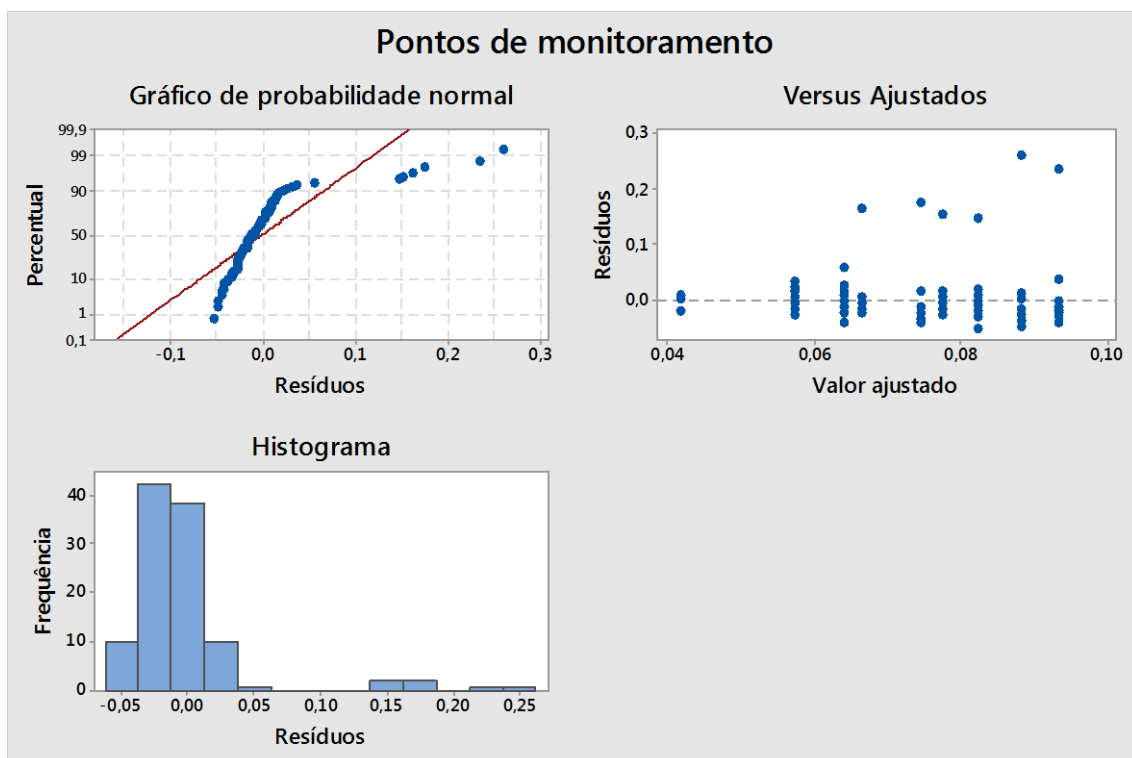
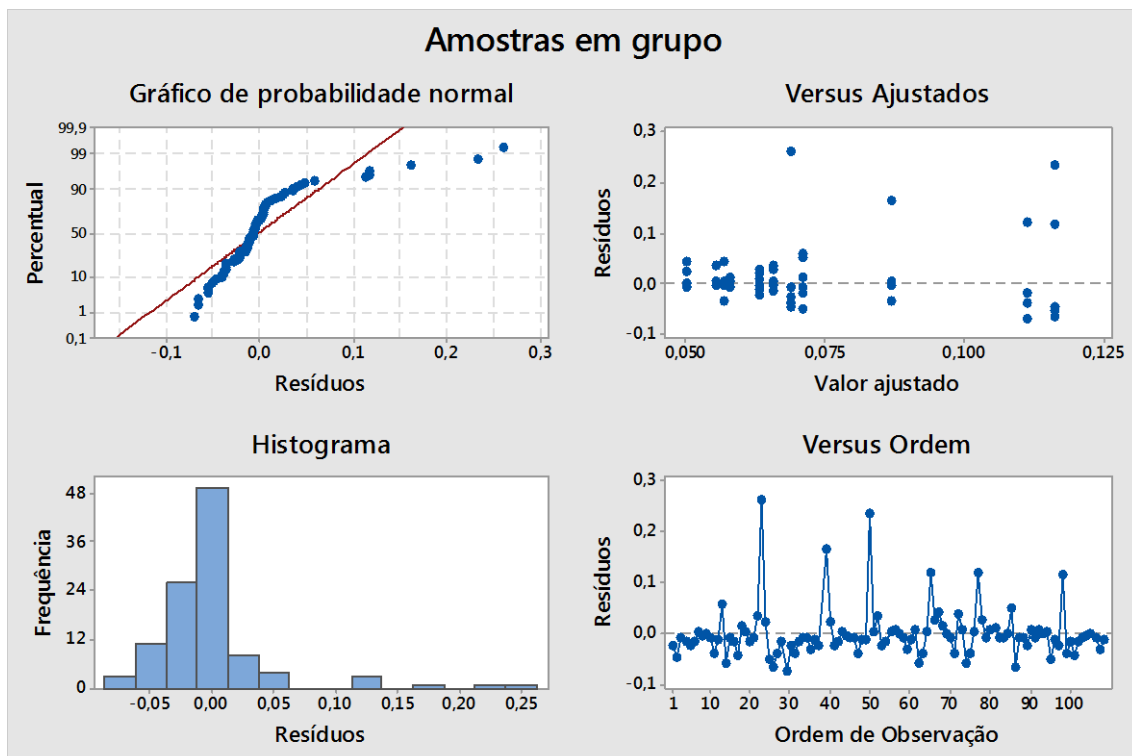
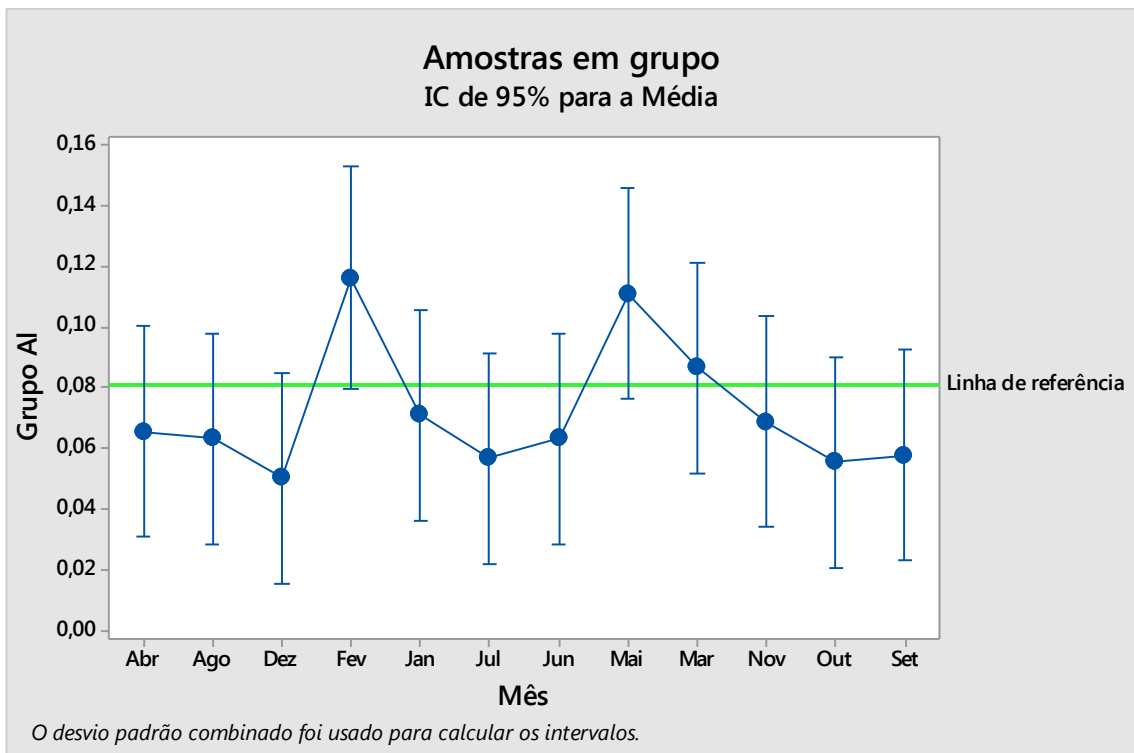
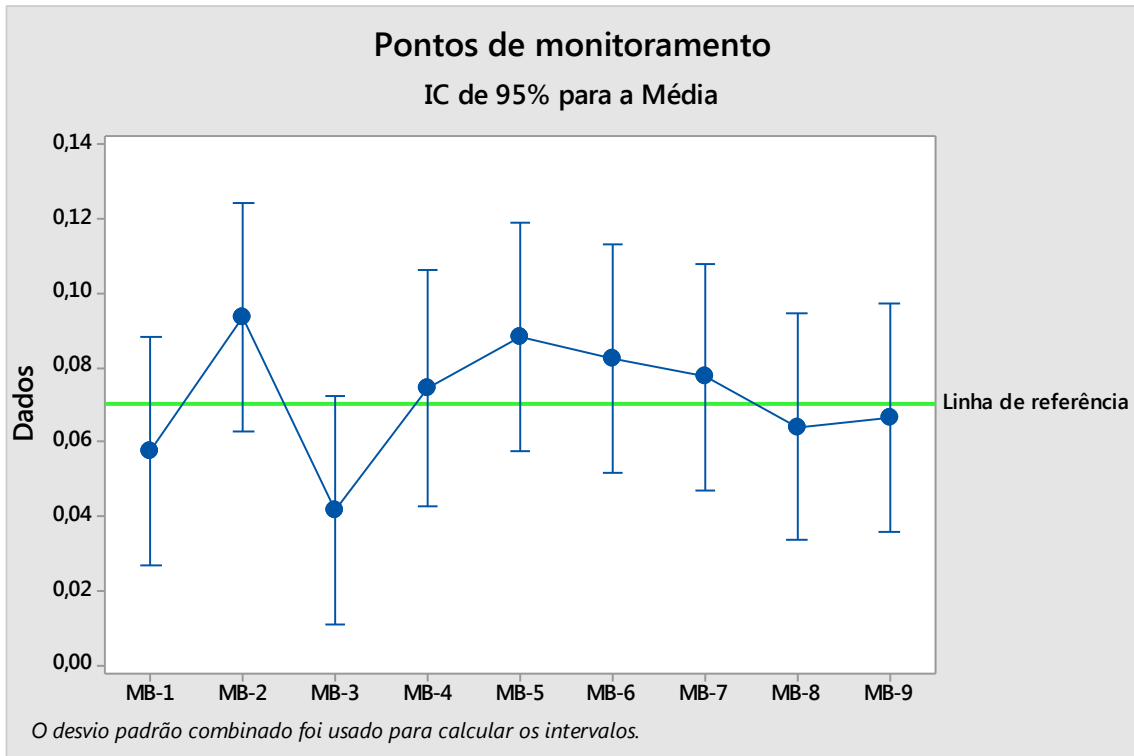


Gráfico 6.23 – Intervalos



O Valor-p para a ANOVA, grupo de pontos é de 0,164 e 0,369 para os pontos de monitoramento. Com nível de significância (α) de 0,05, podemos afirmar com 95% de

certeza que as concentrações de alumínio não são de origem antrópica, e sim variação de concentrações causadas por interferências naturais do meio, possivelmente características de *background* da área. Os demais gráficos apresentados não indicam variações significativas.

DBO: As Tabelas 6.3 e 6.4 a seguir apresentam os dados utilizados para os cálculos estatísticos para o parâmetro, vale ressaltar que foram utilizados apenas os dados coletados em 2015 para evitar possíveis distorções, uma vez que os dados são referentes as concentrações obtidas a partir de amostras coletadas fora de um ambiente controlado.

Tabela 6.3 – Dados DBO coletados no período

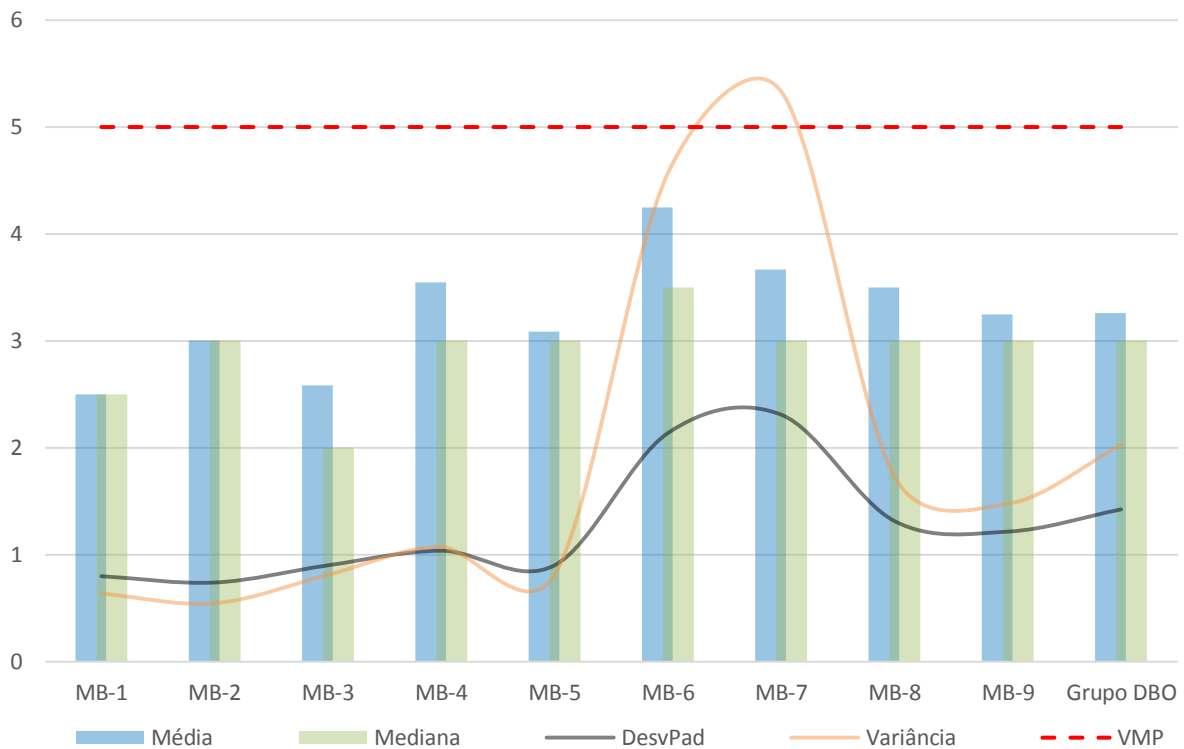
Mês/Pontos	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5	MB-6	MB-7	MB-8	MB-9
Jan	3	3	3	3	2	8	8	2	3
Fev	3	3	3	NA	3	3	3	4	3
Mar	2	3	2	3	2	9	9	3	3
Abr	1	4	2	3	5	3	3	3	2
Mai	2	2	3	2	3	3	3	3	2
Jun	3	4	2	5	3	3	3	4	5
Jul	3	4	5	3	4	5	2	3	5
Ago	2	3	2	3	3	4	3	5	4
Set	3	3	2	5	4	3	2	5	1
Out	4	3	2	5	3	4	2	6	4
Nov	2	2	3	4	2	2	3	2	4
Dez	2	2	2	3	3	4	3	2	3

Tabela 6.4 – Estatísticas descritivas para o parâmetro DBO

Variável	Média	Mediana	DesvPad	Variância	CoefVar	Mínimo	Máximo	Soma	Amplitude
MB-1	2,5	2,5	0,798	0,636	31,91	1	4	30	3
MB-2	3	3,0	0,739	0,545	24,62	2	4	36	2
MB-3	2,583	2,0	0,9	0,811	34,85	2	5	31	3
MB-4	3,545	3,0	1,036	1,073	29,21	2	5	39	3
MB-5	3,083	3,0	0,9	0,811	29,2	2	5	37	3
MB-6	4,25	3,5	2,137	4,568	50,29	2	9	51	7
MB-7	3,667	3,0	2,309	5,333	62,98	2	9	44	7
MB-8	3,5	3,0	1,314	1,727	37,55	2	6	42	4
MB-9	3,25	3,0	1,215	1,477	37,4	1	5	39	4
TRM-1	3,167	3,0	0,577	0,333	18,23	2	4	38	2
Grupo DBO	3,262	3,0	1,423	2,025	43,63	1	9	349	8

A Tabela 6.4 acima apresenta os cálculos obtidos a partir da estatística descritiva realizada por ponto de amostragem e para o grupo de pontos. Os dados também são apresentados no **Gráfico 6.23** a seguir, com a média, mediana, desvio padrão e variância, assim como os limites de referência (VMP).

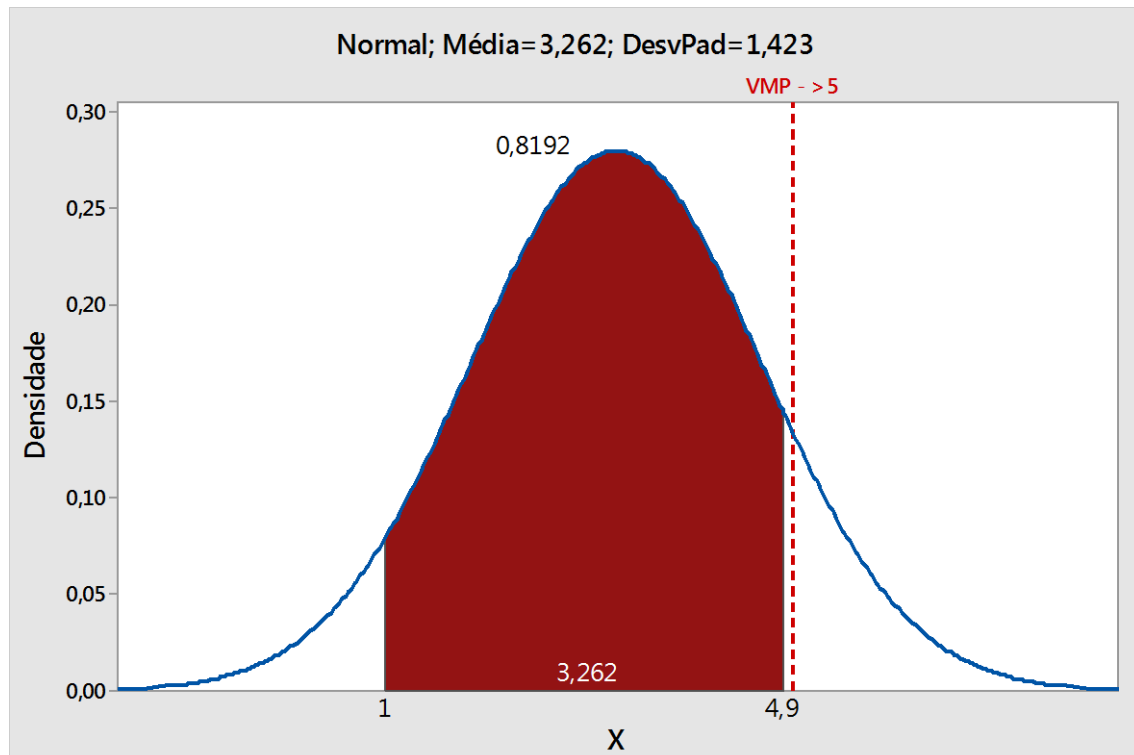
Gráfico 6.24 – Estatística descritiva para o parâmetro DBO



Avaliando os resultados da tabela 6.4 e o gráfico acima, podemos verificar que os desvios padrões para as amostras coletadas nos pontos MB 6 e 7 apresentaram maior desvio em relação aos demais pontos, conseqüentemente a variância também foi maior. Quando avaliamos os resultados no grupo, o desvio é relativamente menor, assim como a variação, porém ainda elevada.

Como os resultados obtidos para os pontos em questão apresentaram uma dispersão em relação ao demais, será verificado se estes pontos influenciam os demais dentro do grupo. Para avaliação optou-se por considerar um *range* de variação, sendo o menor resultado reportado pelo laboratório, 1, ao maior valor próximo do VMP de referência para o parâmetro, 4,9, conforme apresentado no **Gráfico 6.24** a seguir.

Gráfico 6.25 – Gráfico de distribuição do grupo de pontos



Observando o gráfico acima, podemos dizer que 81,92% dos valores analisados ficaram dentro do range adotado e 18,08% fora dele, dessa forma, podemos dizer que a variação observada está associada a um pouco mais que 15% das amostras coletadas. Para identificação das amostras que estão variando, foi necessária uma avaliação mais profunda dos dados para verificar a distribuição dos resultados, dentro do grupo e individualmente.

Para comparar uma tendência central e/ou variabilidade, assim como possíveis *outliers* desse nicho de amostras, foram elaborados Boxplot a fim de comparar as distribuições. Os **Gráficos 6.25** e **6.26** a seguir apresentam análise realizada para o grupo de amostras e para os pontos, respectivamente.

Gráfico 6.26 – Boxplot do grupo de pontos

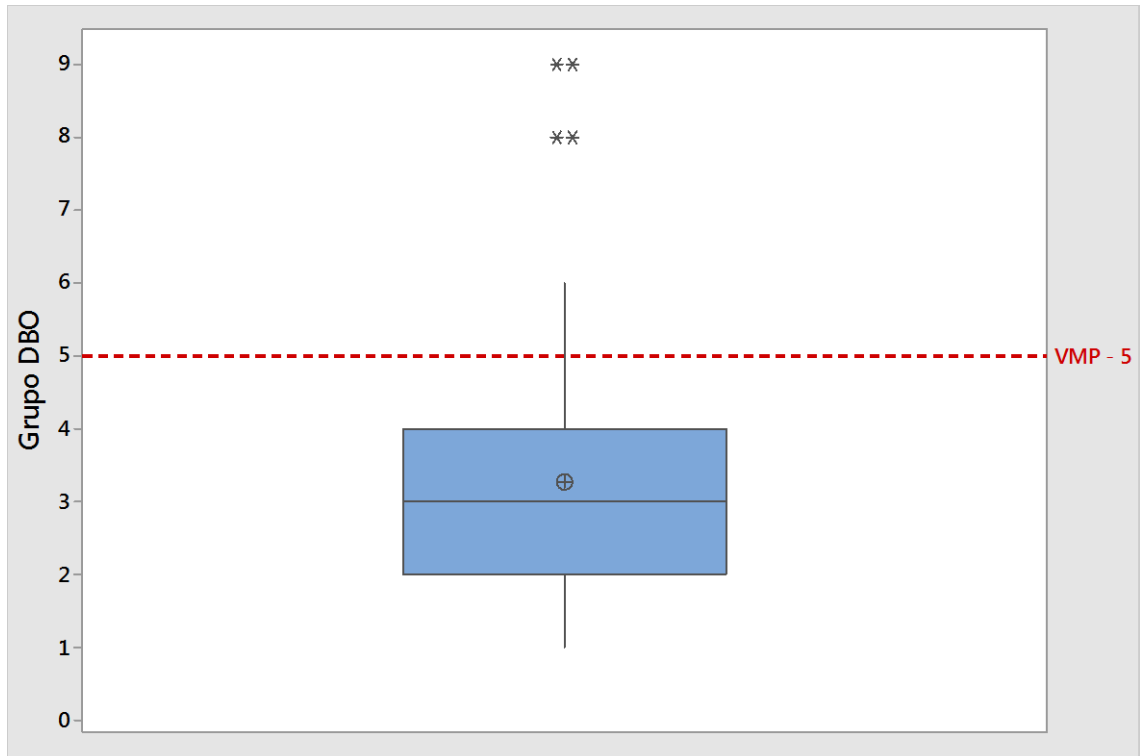
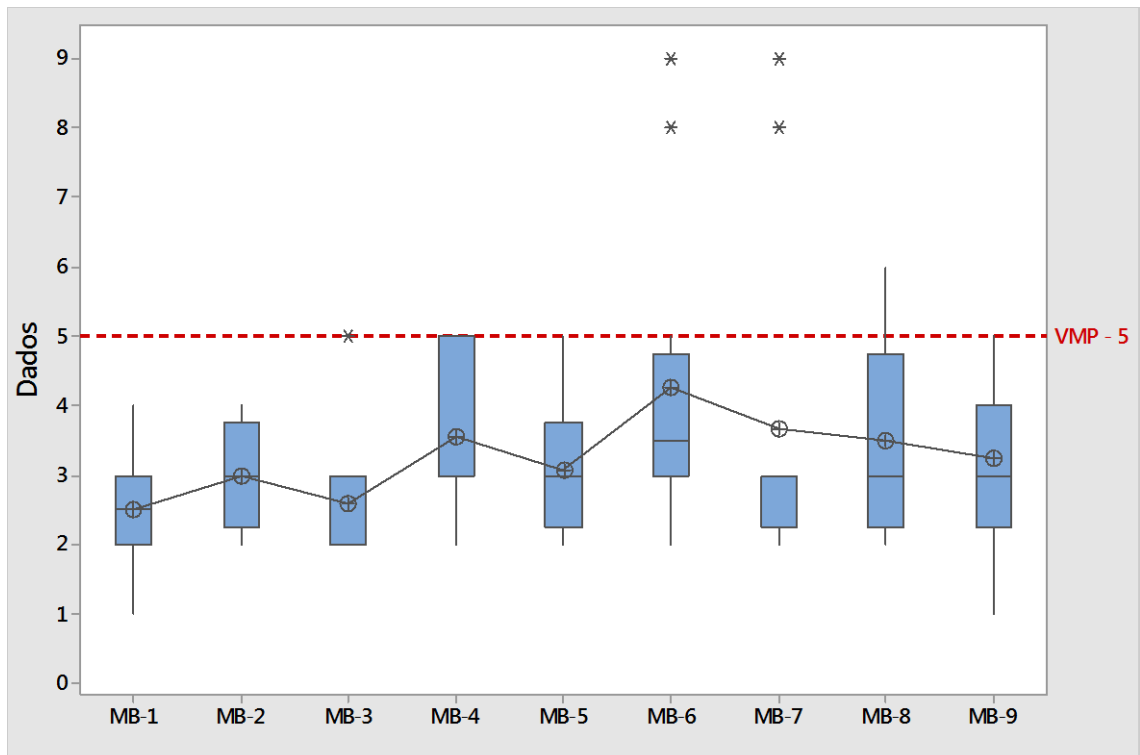


Gráfico 6.27 – Boxplot dos pontos de monitoramento



Podemos observar alguns pontos distribuídos de forma desgarrada (*outliers*), estes serão considerados como pontos de atenção pois estão relacionadas as concentrações reais identificadas nas amostras coletadas, serão avaliados no decorrer da análise.

No gráfico 6.108 quando observamos os dados analisados no grupo de amostras, estes são simétricos e com baixa amplitude, como esperado os pontos com maior concentração foram identificados como outliers por estarem diferentes da grande maioria. Já para os pontos individuais, gráfico 6.109, a variação entre os pontos é mais clara, observa-se que os pontos apresentam uma certa variabilidade entre as médias.

Essas variações podem ser consideradas como normal e dentro do esperado, uma vez que estamos trabalhando com pontos onde o fator externo (ambiente) pode influenciar diretamente nos resultados. Porém, para avaliar se as variações identificadas em relação as medias são significantes, foi realizado um teste de igualdade de variâncias conforme apresentado a seguir.

Os **Gráficos 6.27 e 6.28** abaixo apresentam os testes de igualdade de variância para o grupo de pontos e entre o os pontos de monitoramento, respectivamente.

Gráfico 6.28 – Teste de igualdade de variâncias para o grupo de pontos

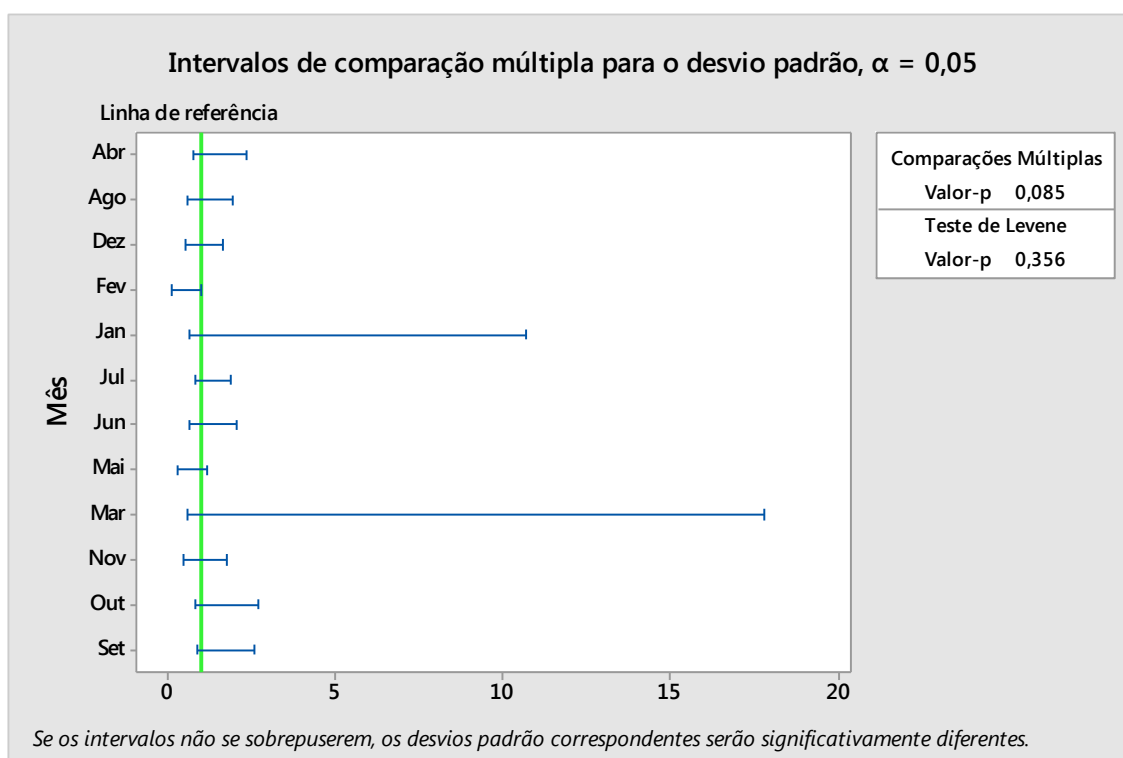
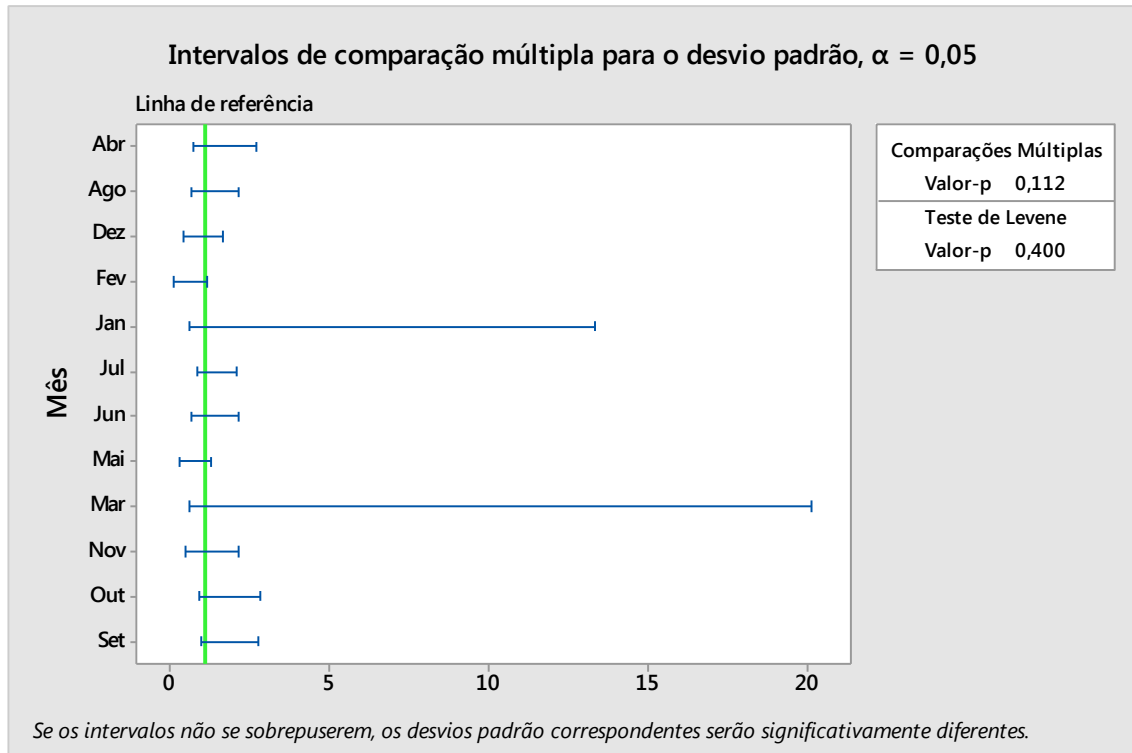


Gráfico 6.29 – Teste de igualdade de variâncias entre os pontos



Os gráficos de intervalos apresentam os resultados de concentração obtidos para os pontos. Apesar das médias parecerem diferentes, aparentemente a diferença não é significativa, a linha de referência não sobrepõe facilmente as barras de intervalo, mas ainda intercepta todos os pontos.

Em relação ao Valor-p, para as comparações múltiplas os resultados foram de 0,085 e 0,112, $P \geq 0,05$, pode ser considerado como não significativo. Para o teste de Leneve, cujo objetivo é avaliar a igualdade das variâncias a partir de uma variável calculada, os resultados obtidos nos testes foram Valor-p igual a 0,356 e 0,400, $P \geq 0,05$, dessa forma, não aceita a hipótese de que as variâncias observadas no grupo de amostras sejam diferentes estatisticamente, afirmação com 95% de certeza.

Como os resultados nas comparações múltiplas próximos o valor-p, foi realizada a análise de variância (ANOVA), onde assumiu-se a igualdade das variâncias identificadas e o método adotado foi o de Hipótese nula, todas as médias são iguais e Hipótese alternativa, no mínimo uma média é diferente. O nível de significância (α) utilizado foi de 0,05.

Os resultados obtidos nas análises realizadas no grupo de pontos, assim como para os pontos individualmente são apresentados abaixo, os **Gráficos 6.29 e 6.30** a seguir apresentam o complemento das análises realizadas.

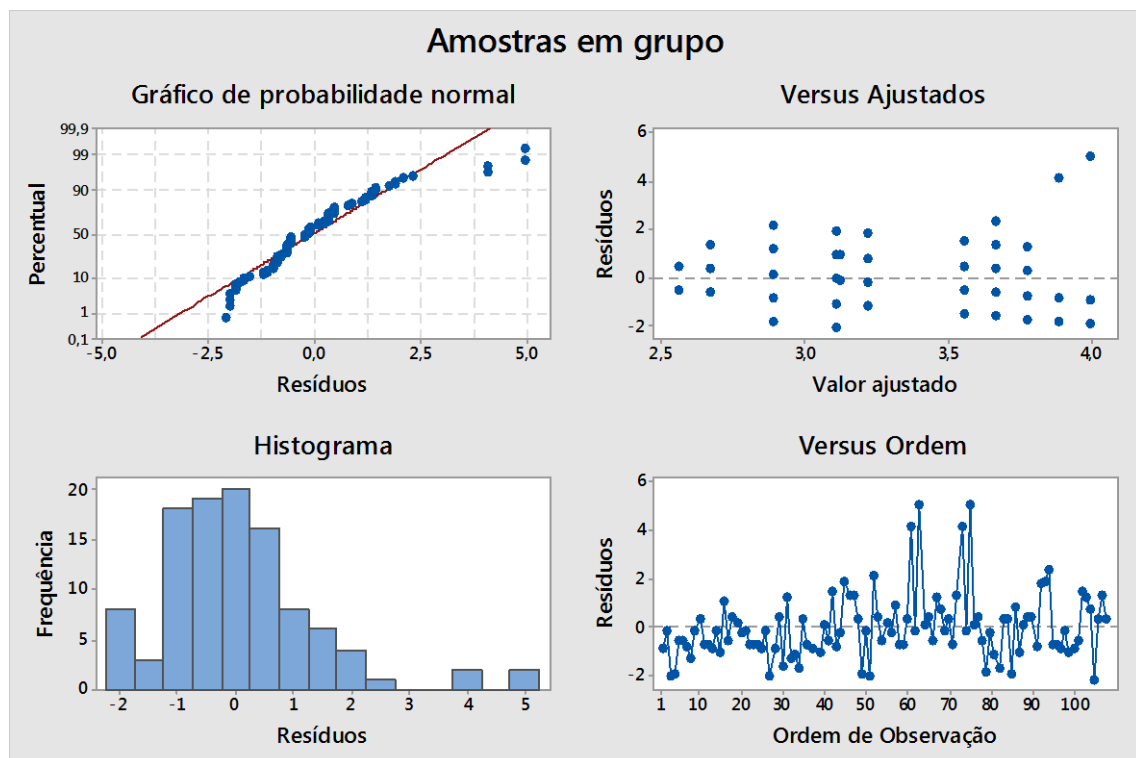
Resultados do grupo de pontos.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Mês	11	25,58	2,325	1,17	<u>0,320</u>
Erro	95	189,10	1,990		
Total	106	214,67			

Resultados dos pontos de monitoramento.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	8	28,95	3,618	1,91	<u>0,067</u>
Erro	98	185,73	1,895		
Total	106	214,67			

Gráfico 6.30 – Resíduos



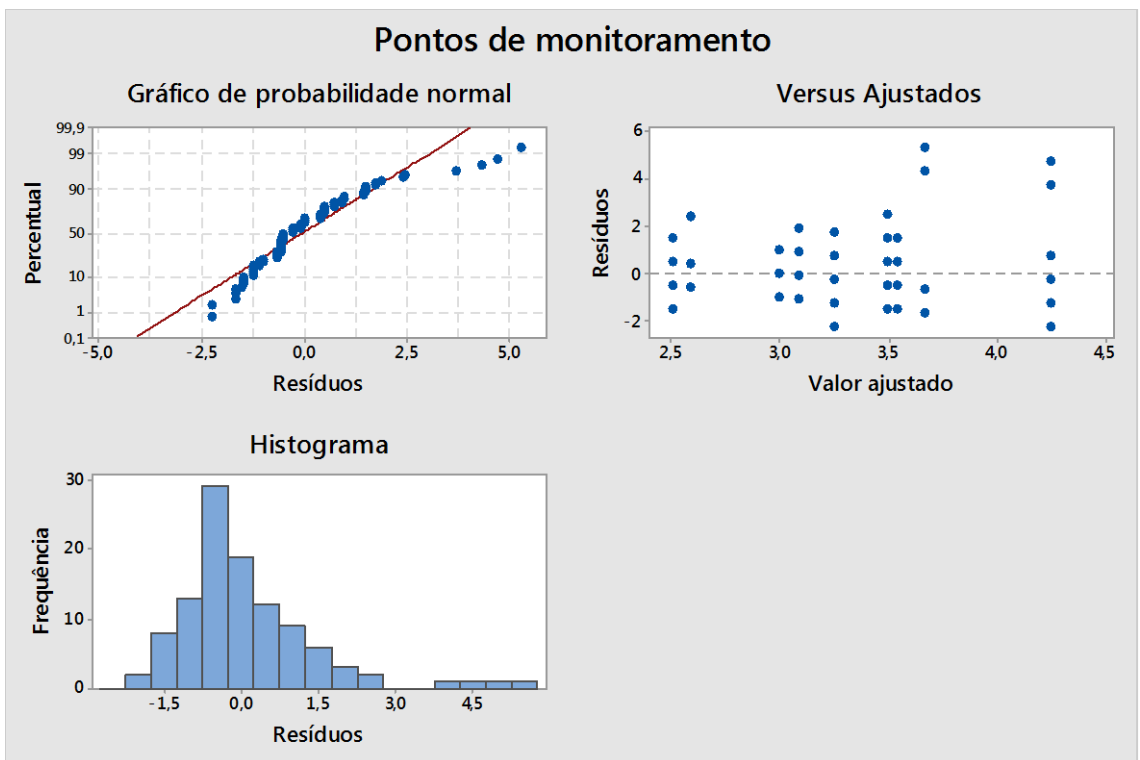
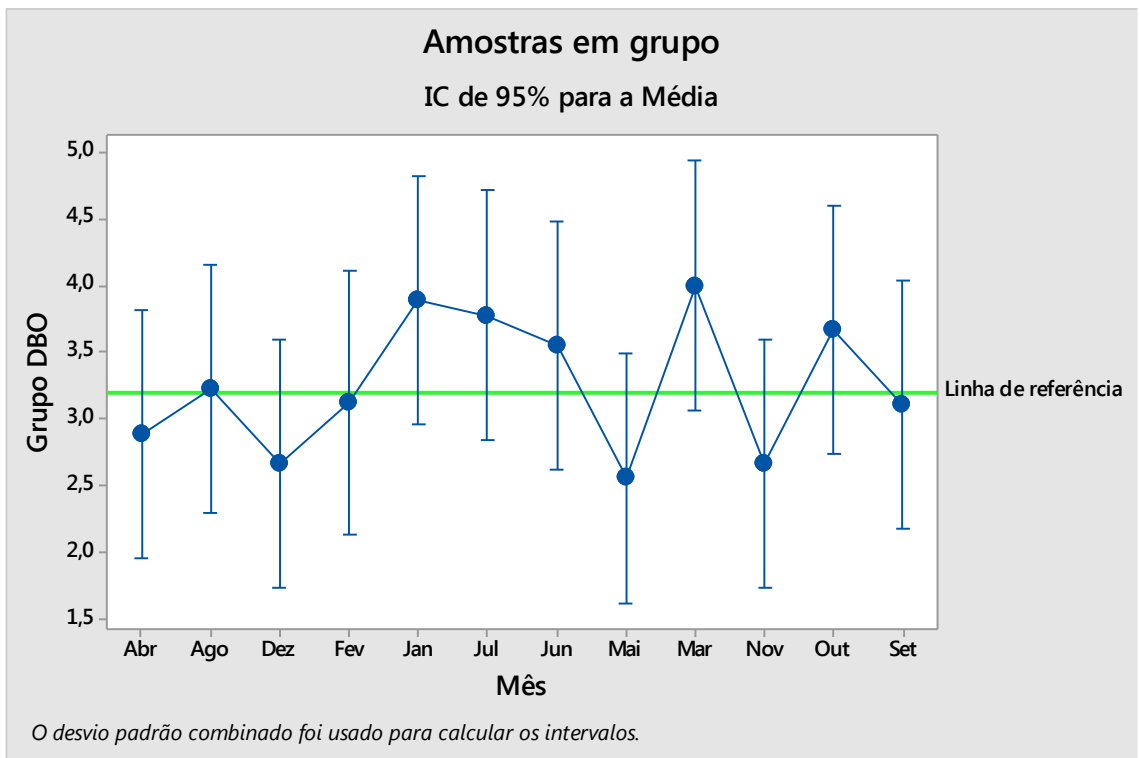
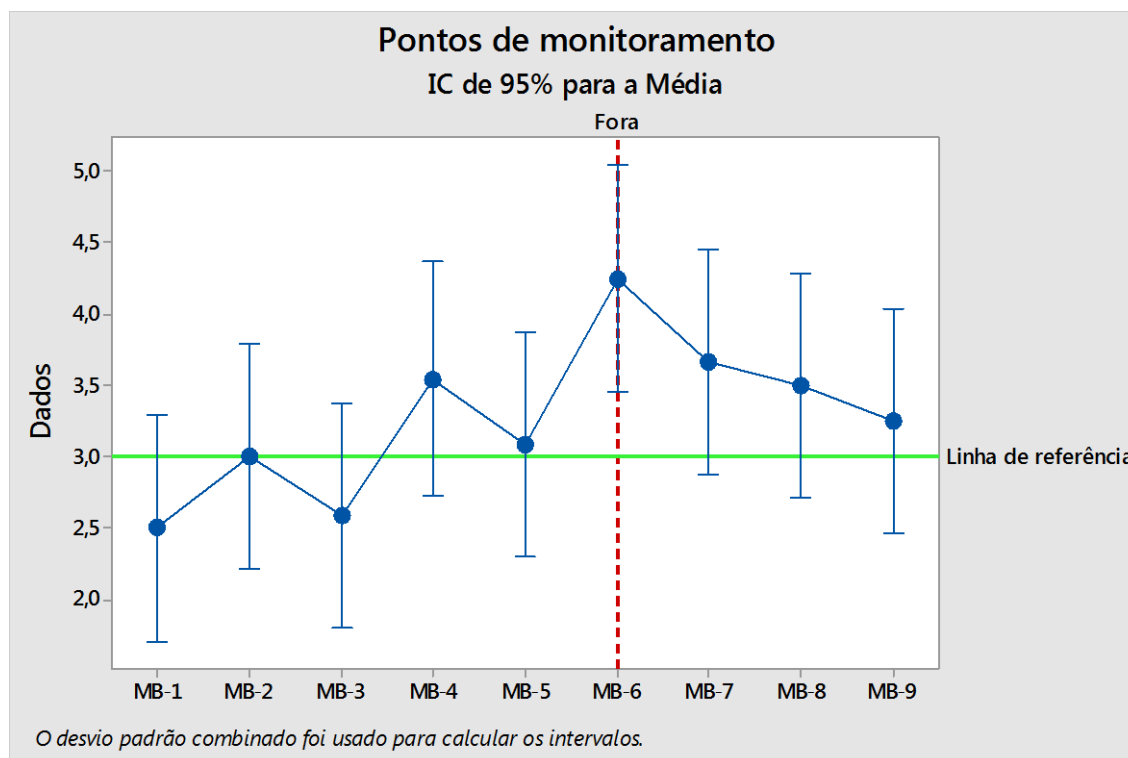


Gráfico 6.31 – Intervalos





O Valor-p para ANOVA, grupo de pontos é de 0,320 e 0,067 para os pontos de monitoramento. Com nível de significância (α) de 0,05, podemos afirmar com 95% de certeza que as concentrações de DBO identificadas não são de origem antrópica, e sim variação de concentrações causadas por interferências naturais do meio, tais como índice matéria orgânica, porém apesar dos resultados estarem dentro do previsto, no gráfico de intervalos para os pontos individuais o MB 6 apresentou uma média diferente das demais, podemos dizer que para esse ponto há alguma diferença em relação as demais, o ponto será acompanhado para averiguar o ocorrido. Os demais gráficos apresentados não indicam variações significativas.

Ferro: As **Tabelas 6.5** e **6.6** a seguir apresentam os dados utilizados para os cálculos estatísticos para o parâmetro, vale ressaltar que foram utilizados apenas os dados coletados em 2015 para evitar possíveis distorções, uma vez que os dados são referentes as concentrações obtidas a partir de amostras coletadas fora de um ambiente controlado.

Tabela 6.5 – Dados ferro coletados no período

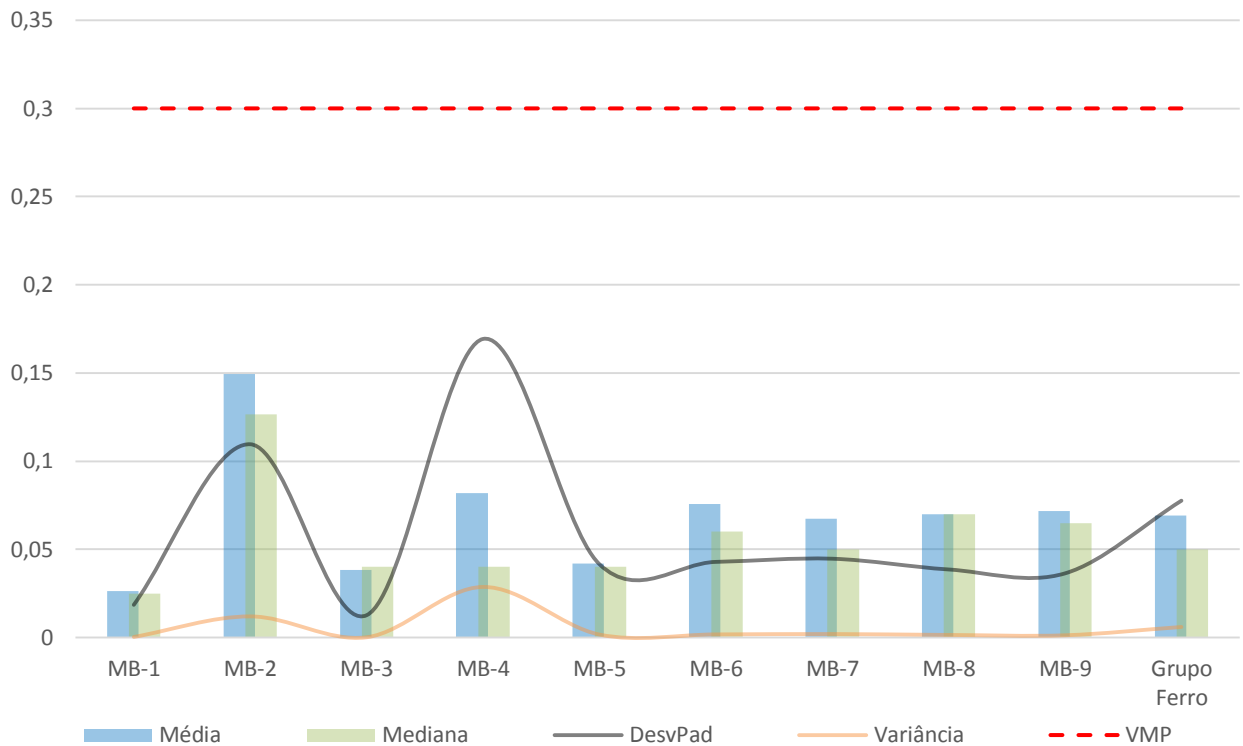
Mês/Pontos	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5	MB-6	MB-7	MB-8	MB-9
Jan	0,03	0,09	0,02	0,01	0,04	0,17	0,17	0,08	0,11
Fev	0,002	0,05	0,05	NA	0,16	0,12	0,12	0,03	0,12
Mar	0,002	0,16	0,05	0,59	0,002	0,03	0,03	0,16	0,14
Abr	0,002	0,33	0,05	0,04	0,002	0,05	0,05	0,02	0,01
Mai	0,04	0,23	0,03	0,002	0,05	0,12	0,12	0,11	0,07
Jun	0,02	0,34	0,03	0,04	0,01	0,05	0,05	0,07	0,04
Jul	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,05	0,06
Ago	0,05	0,2	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,09	0,07
Set	0,05	0,18	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,07	0,06
Out	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05
Nov	0,02	0,05	0,03	0,02	0,04	0,03	0,06	0,03	0,05
Dez	0,03	0,093	0,03	0,03	0,03	0,098	0,04	0,07	0,08

Tabela 6.6 – Estatísticas descritivas para o parâmetro ferro

Variável	Média	Mediana	DesvPad	Variância	CoefVar	Mínimo	Máximo	Soma	Amplitude
MB-1	0,02633	0,025	0,01856	0,00034	70,49	0,002	0,05	0,316	0,048
MB-2	0,1494	0,1265	0,1096	0,012	73,36	0,02	0,34	1,793	0,32
MB-3	0,03833	0,04	0,01267	0,00016	33,06	0,02	0,05	0,46	0,03
MB-4	0,082	0,04	0,1693	0,0287	206,47	0,002	0,59	0,902	0,588
MB-5	0,042	0,04	0,0416	0,0017	99,06	0,002	0,16	0,504	0,158
MB-6	0,0757	0,06	0,0429	0,0018	56,63	0,03	0,17	0,908	0,14
MB-7	0,0675	0,05	0,0447	0,002	66,29	0,02	0,17	0,81	0,15
MB-8	0,07	0,07	0,0386	0,0015	55,16	0,02	0,16	0,84	0,14
MB-9	0,0717	0,065	0,0364	0,0013	50,78	0,01	0,14	0,86	0,13
Grupo Ferro	0,06909	0,05	0,07762	0,00602	112,33	0,002	0,59	7,393	0,588

A Tabela 6.6 acima apresenta os cálculos obtidos a partir da estatística descritiva realizada por ponto de amostragem e para o grupo todo de pontos. Os dados também são apresentados no **Gráfico 6.31** a seguir, com a média, mediana, desvio padrão e variância, assim como os limites de referência (VMP).

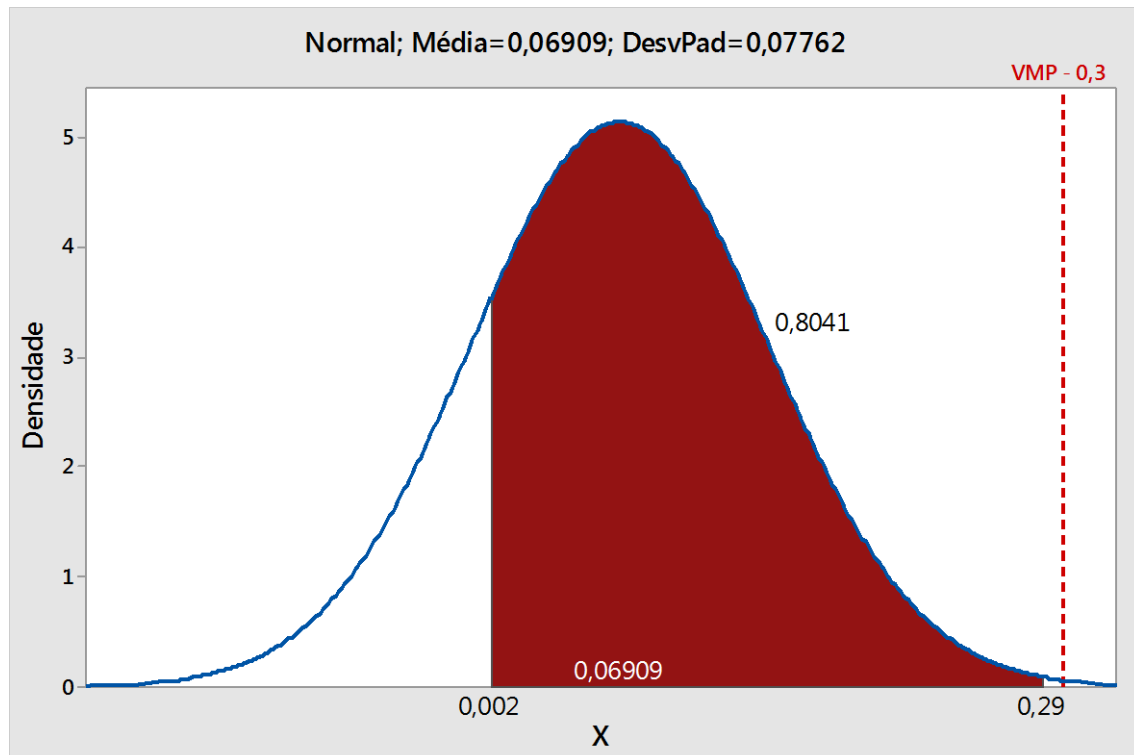
Gráfico 6.32 – Estatística descritiva para o parâmetro ferro



Avaliando os resultados da tabela 6.2 e o gráfico acima, podemos verificar que o desvio padrão para as amostras coletadas nos pontos MB 2 e 4 apresentaram maior variação em relação aos demais pontos, conseqüentemente a variância também foi maior. Quando avaliamos os resultados no grupo, o desvio é relativamente menor, assim como a variação.

Como os resultados obtidos apresentam uma certa dispersão para os pontos MB 2 e 4 em relação ao demais, optou-se por verificar a influência desses pontos em uma distribuição normal dentro do grupo. Para isso foi considerado um *range* de variação, sendo o menor resultado reportado pelo laboratório, 0,002, ao maior valor próximo do VMP de referência para o parâmetro, 0,29, conforme apresentado no **Gráfico 6.32** a seguir.

Gráfico 6.33 – Gráfico de distribuição do grupo de pontos



Observando o gráfico acima, podemos dizer que 80,41% dos valores analisados estão dentro do range adotado e 19,59% fora dele, dessa forma, podemos dizer que a variação observada está associada a cerca de menos de um quarto das amostras coletadas. Para identificação desse montante de amostras que apresentam variação, foi necessário realizar uma análise mais profunda dos dados a fim de verificar a distribuição ao longo do período, para o grupo e por ponto.

Para comparar uma tendência central e/ou variabilidade, assim como possíveis *outliers* do nicho de amostras, foram elaborados Boxplot a fim de comparar as distribuições. Os **Gráficos 6.33** e **6.34** a seguir apresentam análise realizada para o grupo de amostras e para os pontos, respectivamente.

Gráfico 6.34 – Boxplot do grupo de pontos

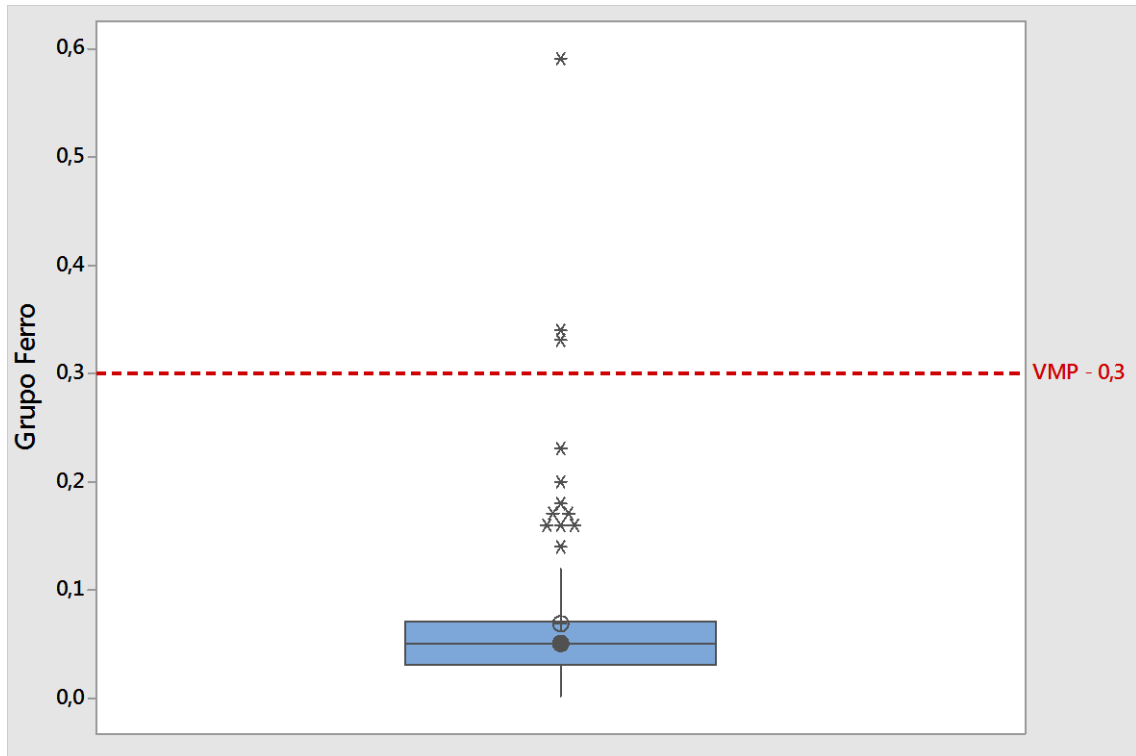
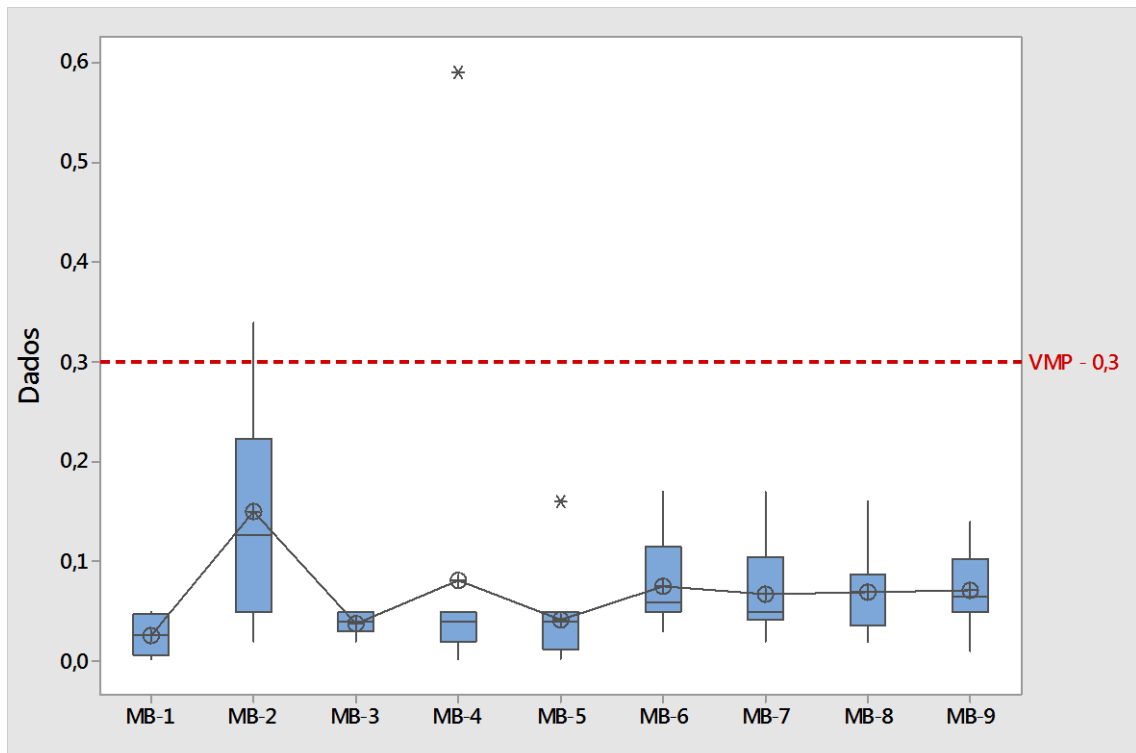


Gráfico 6.35 – Boxplot dos pontos de monitoramento



Podemos observar alguns pontos distribuídos de forma desgarrada (*outliers*), estes serão considerados como pontos de atenção pois estão relacionadas as concentrações reais identificadas nas amostras coletadas, serão avaliados no decorrer da análise.

No gráfico 6.116 quando observamos os dados analisados no grupo de amostras, estes são positivamente simétricos pois mediana está próxima ao primeiro quartil e com baixa amplitude, como esperado os pontos com maior concentração foram identificados como outliers por estarem diferentes da grande maioria. Já para os pontos individuais, gráfico 6.117, a variação da mediana entre os pontos não apresenta muitas variações, exceto para os pontos MB 2 e 4.

Essas variações podem ser consideradas como normal e dentro do esperado, uma vez que estamos trabalhando com pontos onde o fator externo (ambiente) pode influenciar diretamente nos resultados. Porém, para avaliar se as variações identificadas em relação as medias são significantes ou não, foi realizado um teste da igualdade dessas variâncias conforme apresentado a seguir.

Os **Gráficos 6.35** e **6.36** abaixo apresentam os testes de igualdade de variância para o grupo de pontos e entre o os pontos de monitoramento, respectivamente.

Gráfico 6.36 – Teste de igualdade de variâncias para o grupo de pontos

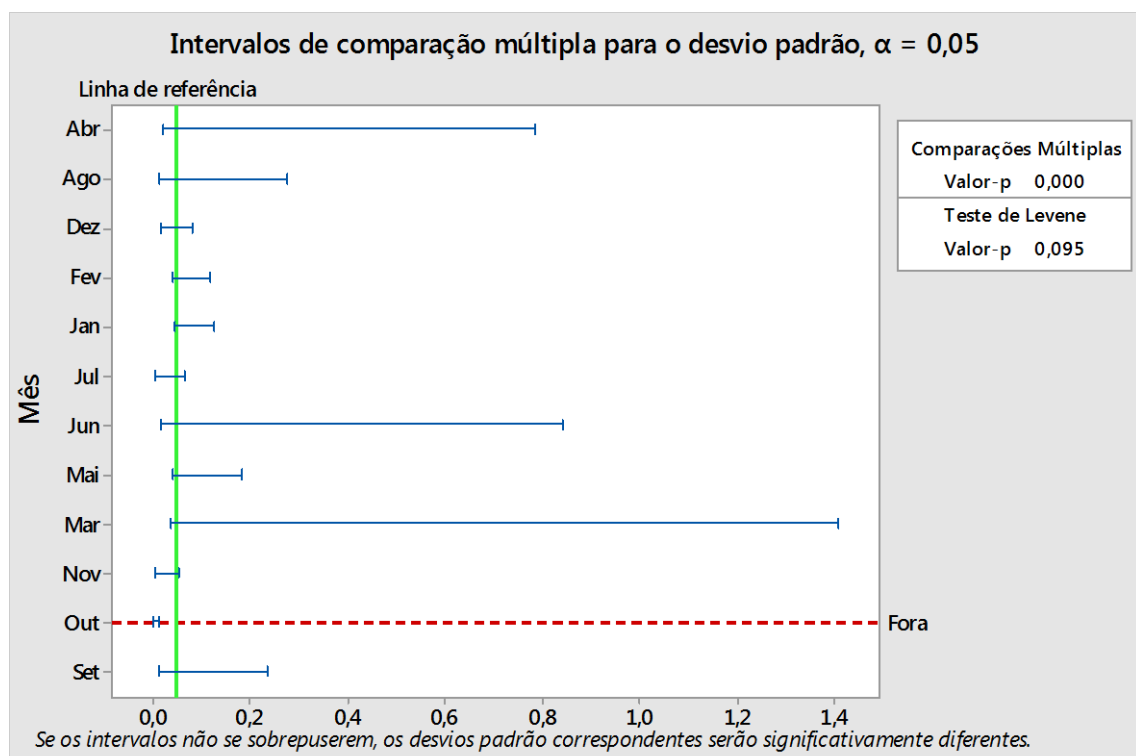
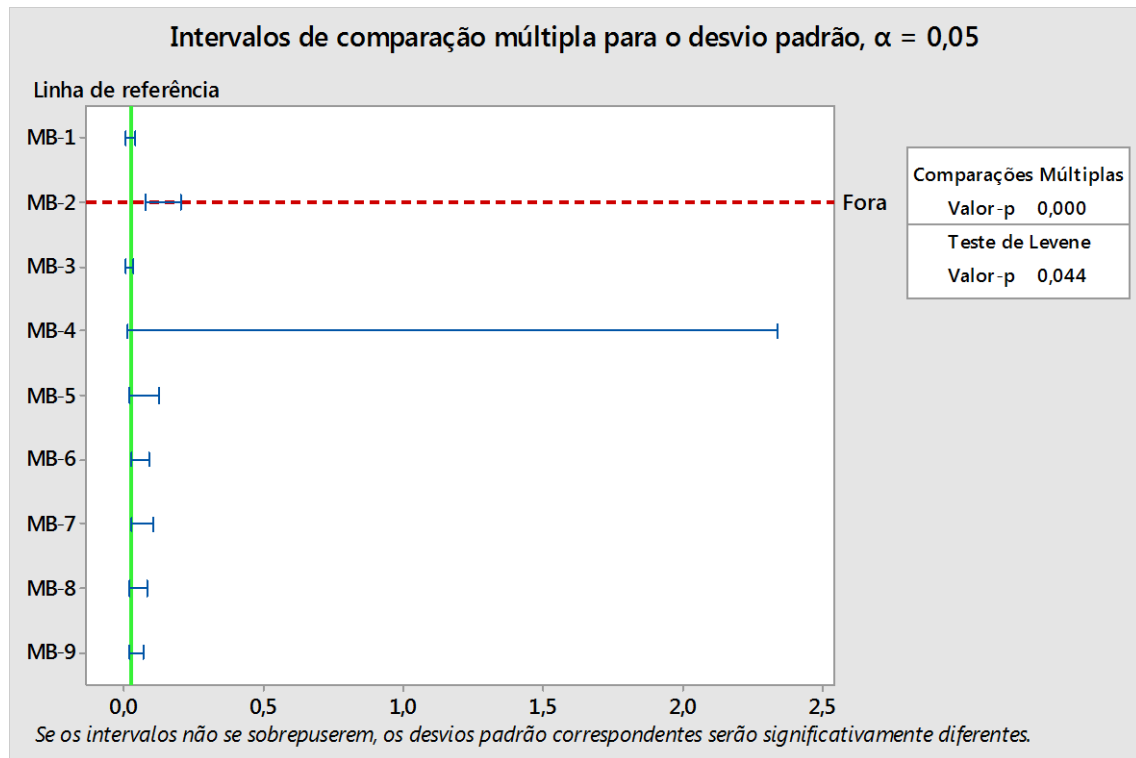


Gráfico 6.37 – Teste de igualdade de variâncias entre os pontos



Os gráficos de intervalos apresentam os resultados de concentração obtidos tanto para o grupo quanto para os pontos. Em relação ao gráfico com os dados do grupo, a linha de referência não sobrepõe facilmente as barras de intervalo interceptando todos os pontos, no entanto o mês de outubro ficou fora da linha de referência, assim como o MB 2 no gráfico dos pontos individuais.

Em relação ao Valor-p, para as comparações múltiplas os resultados para ambos os testes foi de 0,000, $P \leq 0,05$, o que pode ser considerado como significativo, ou seja, apresentam uma certa variação. Para o teste de Levene, cujo objetivo é avaliar a igualdade das variâncias a partir de uma variável calculada, o resultado obtido no teste para o grupo foi de Valor-p igual a 0,095, $\geq 0,05$, dessa forma, não aceita a hipótese de que as variâncias observadas no grupo de amostras sejam diferentes estatisticamente, com 95% de certeza. Para os pontos, o Valor-p foi de 0,044, $\leq 0,05$, dessa forma, aceita a hipótese de que as variâncias observadas entre os pontos sejam diferentes estatisticamente, com 95% de certeza.

Como os resultados apresentaram distorções, para avaliar o ocorrido foi realizada a análise de variância (ANOVA), onde assumiu-se a igualdade das variâncias identificadas.

O método adotado foi Hipótese nula, todas as médias são iguais e Hipótese alternativa, no mínimo uma média é diferente. O nível de significância utilizado foi de $\alpha = 0,05$.

Os resultados obtidos nas análises realizadas no grupo de pontos, assim como para os pontos individualmente são apresentados abaixo, os **Gráficos 6.37** e **6.38** a seguir apresentam o complemento das análises realizadas.

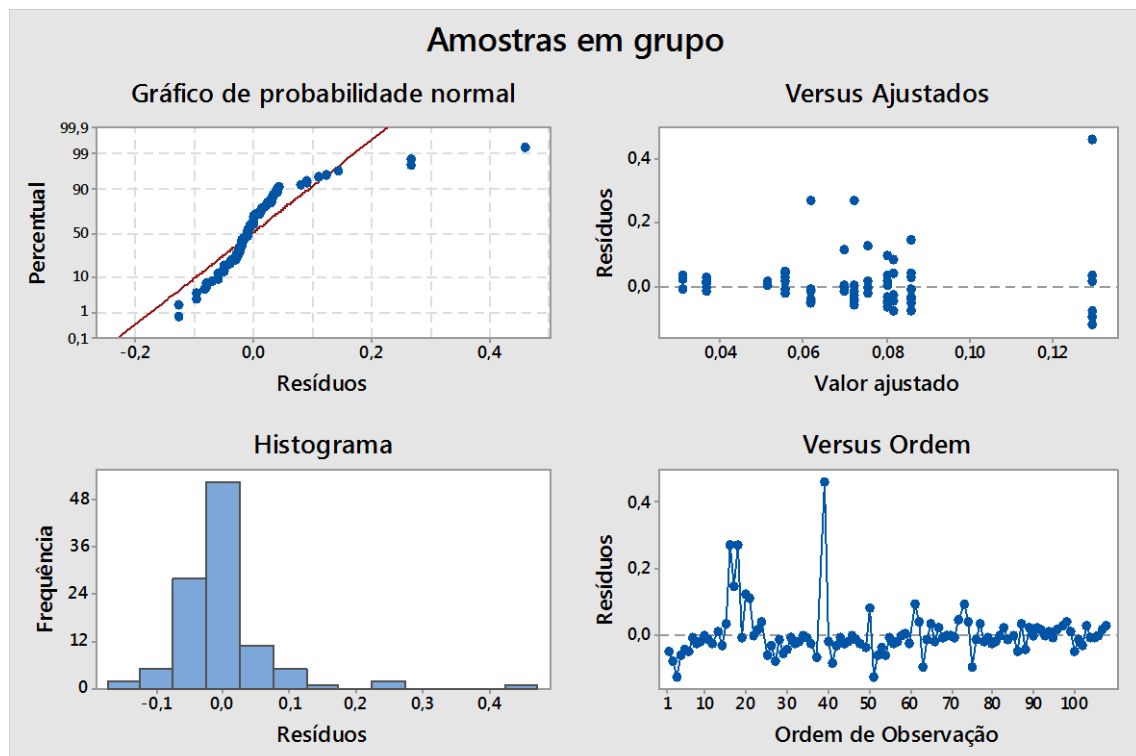
Resultados do grupo de pontos.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Mês	11	0,06543	0,005948	0,99	<u>0,465</u>
Erro	95	0,57314	0,006033		
Total	106	0,63857			

Resultados dos pontos de monitoramento.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	8	0,1220	0,0152250	2,89	<u>0,006</u>
Erro	98	0,5166	0,005271		
Total	106	0,6386			

Gráfico 6.38 – Resíduos



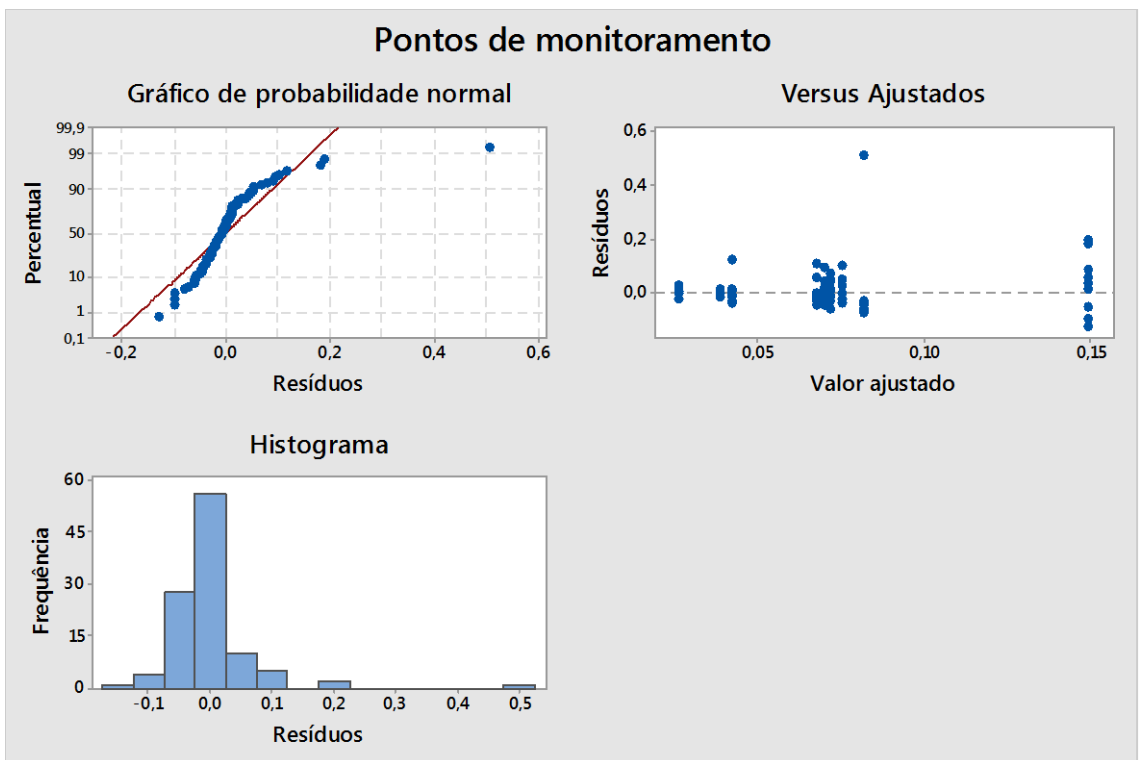
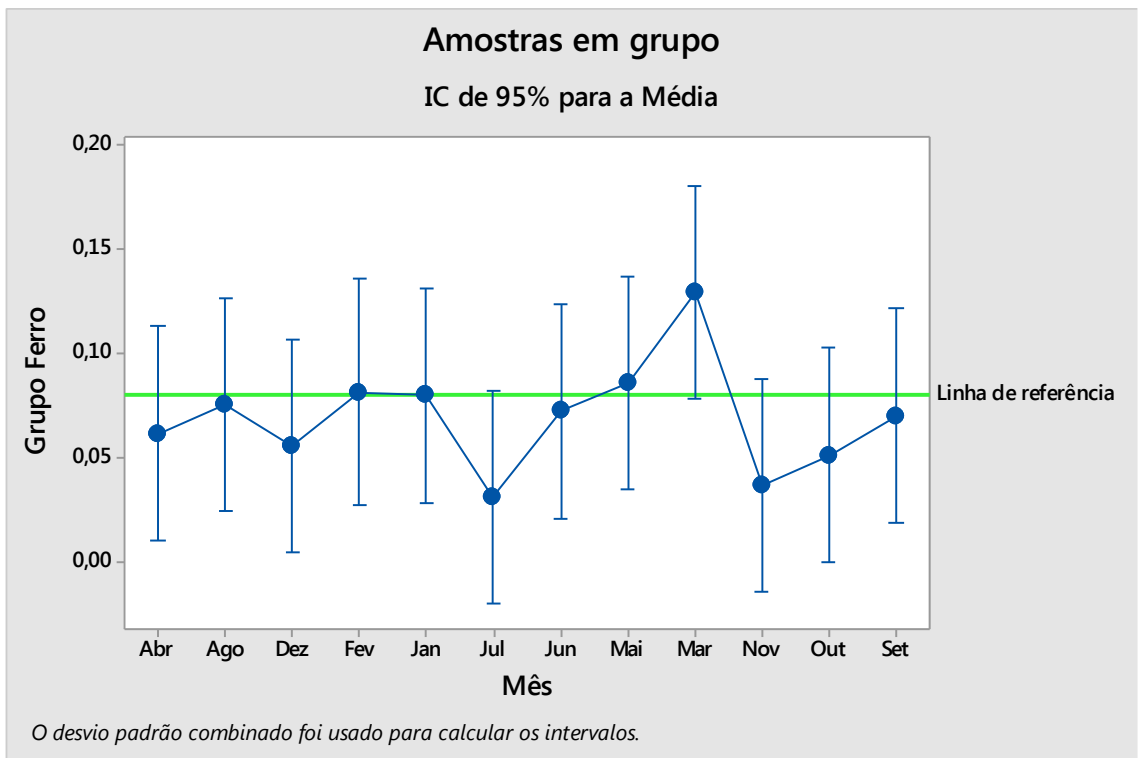
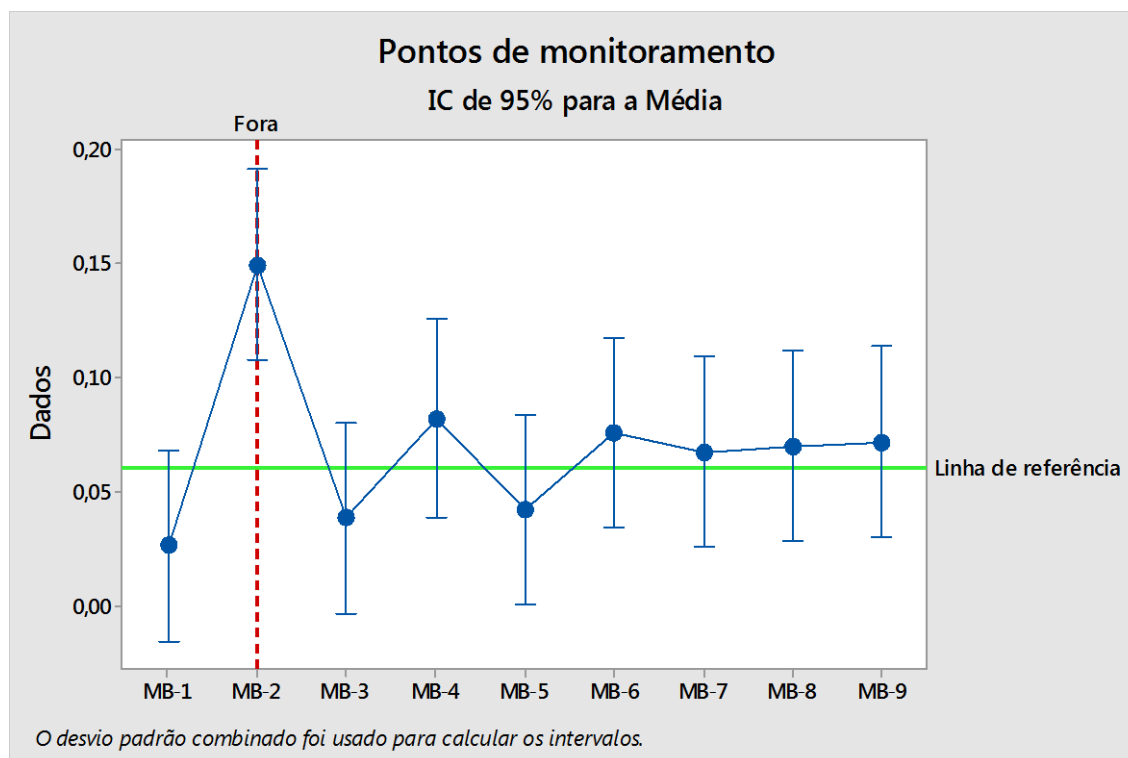


Gráfico 6.39 – Intervalos





O Valor-p para a ANOVA, grupo de pontos é de 0,465. Com nível de significância (α) de 0,05, podemos afirmar com 95% de certeza que as concentrações de ferro identificadas não são de origem antrópica, e sim variação de concentração causada por interferências naturais do meio, como a chuva. Essa interferência também explicaria a variação ocorrida no ponto MB 2, que na representação gráfica ficou fora da linha de referência, assim como Valor-p de 0,006, $\leq 0,05$, ou seja, as médias aparentemente são diferentes. Os demais gráficos apresentados não indicam variações significativas.

A variação de ferro identificada pode estar relacionada ao índice pluviométrico, o fator chuva pode influenciar no quesito concentração/diluição, acidez, assim como o arraste de da carga orgânica e inorgânica do meio, como carbono (C), nitrogênio (N), lignina, celulose, fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e entre outros, que no processo de doação e recebimento de elétrons pode alterar o parâmetro.

pH: As **Tabelas 6.7** e **6.8** a seguir apresentam os dados utilizados para os cálculos estatísticos para o parâmetro, vale ressaltar que foram utilizados apenas os dados coletados em 2015 para evitar possíveis distorções, uma vez que os dados são referentes as concentrações obtidas a partir de amostras coletadas fora de um ambiente controlado.

Tabela 6.7 – Dados ferro coletados no período

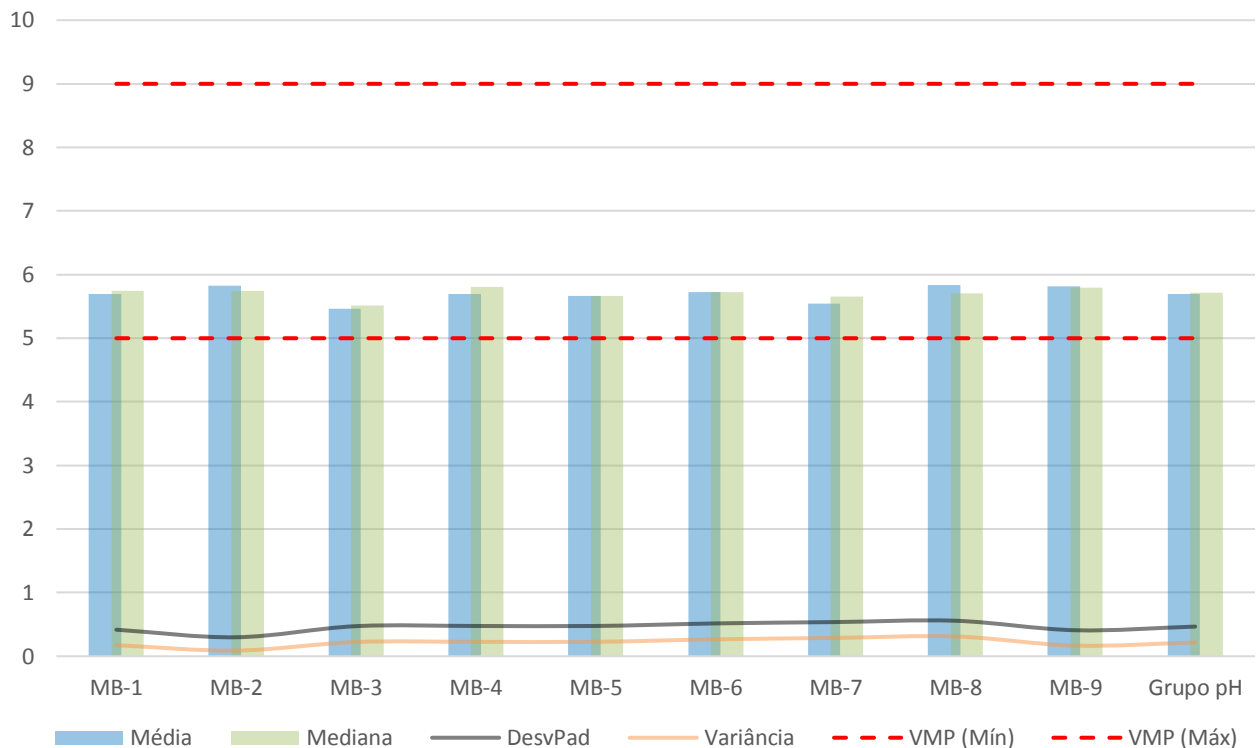
Mês/Pontos	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5	MB-6	MB-7	MB-8	MB-9
Jan	5,7	5,6	5,85	5,48	5,8	5,65	5,65	5,38	5,83
Fev	5,9	5,62	5,18	5,9	5,68	6,81	6,81	5,81	5,8
Mar	5,81	5,66	5,95	5,69	5,66	5,75	5,75	5,7	5,81
Abr	5,8	5,75	5,1	5,87	5,7	5,9	5,9	5,72	5,8
Mai	6,6	6,71	4,8	6,7	6,76	5,66	5,66	6,9	6,91
Jun	5,65	5,65	5,9	5,75	5,6	5,71	5,71	5,65	5,7
Jul	5,7	5,67	5,85	5,9	5,85	5,95	5,35	5,46	5,7
Ago	5,85	5,9	5,18	5,25	6,01	6,12	4,84	5,56	5,45
Set	5,85	5,9	5,95	5,9	5,18	5,6	5,75	5,9	5,75
Out	5,2	5,85	5,1	5,15	5,3	5,85	5,09	5,08	5,15
Nov	4,9	5,75	4,8	4,85	4,8	4,77	4,94	6,93	5,95
Dez	5,38	5,8	5,9	5,95	5,6	4,98	5,1	5,99	5,95

Tabela 6.8 – Estatísticas descritivas para o parâmetro ferro

Variável	Média	Mediana	DesvPad	Variância	CoefVar	Mínimo	Máximo	Soma	Amplitude
MB-1	5,695	5,75	0,417	0,174	7,32	4,9	6,6	68,34	1,7
MB-2	5,8217	5,75	0,2987	0,0892	5,13	5,6	6,71	69,86	1,11
MB-3	5,463	5,515	0,473	0,224	8,65	4,8	5,95	65,56	1,15
MB-4	5,699	5,81	0,476	0,226	8,35	4,85	6,7	68,39	1,85
MB-5	5,662	5,67	0,476	0,227	8,42	4,8	6,76	67,94	1,96
MB-6	5,729	5,73	0,516	0,266	9	4,77	6,81	68,75	2,04
MB-7	5,546	5,655	0,537	0,288	9,68	4,84	6,81	66,55	1,97
MB-8	5,84	5,71	0,558	0,311	9,55	5,08	6,93	70,08	1,85
MB-9	5,817	5,8	0,409	0,167	7,04	5,15	6,91	69,8	1,76
Grupo pH	5,6969	5,715	0,4662	0,2173	8,18	4,77	6,93	615,27	2,16

A Tabela 6.8 acima apresenta os cálculos obtidos a partir da estatística descritiva realizada por ponto de amostragem e para o grupo com todos os pontos. Os dados também são apresentados no **Gráfico 6.39** a seguir, com a média, mediana, desvio padrão e variância, assim como os limites de referência (VMP).

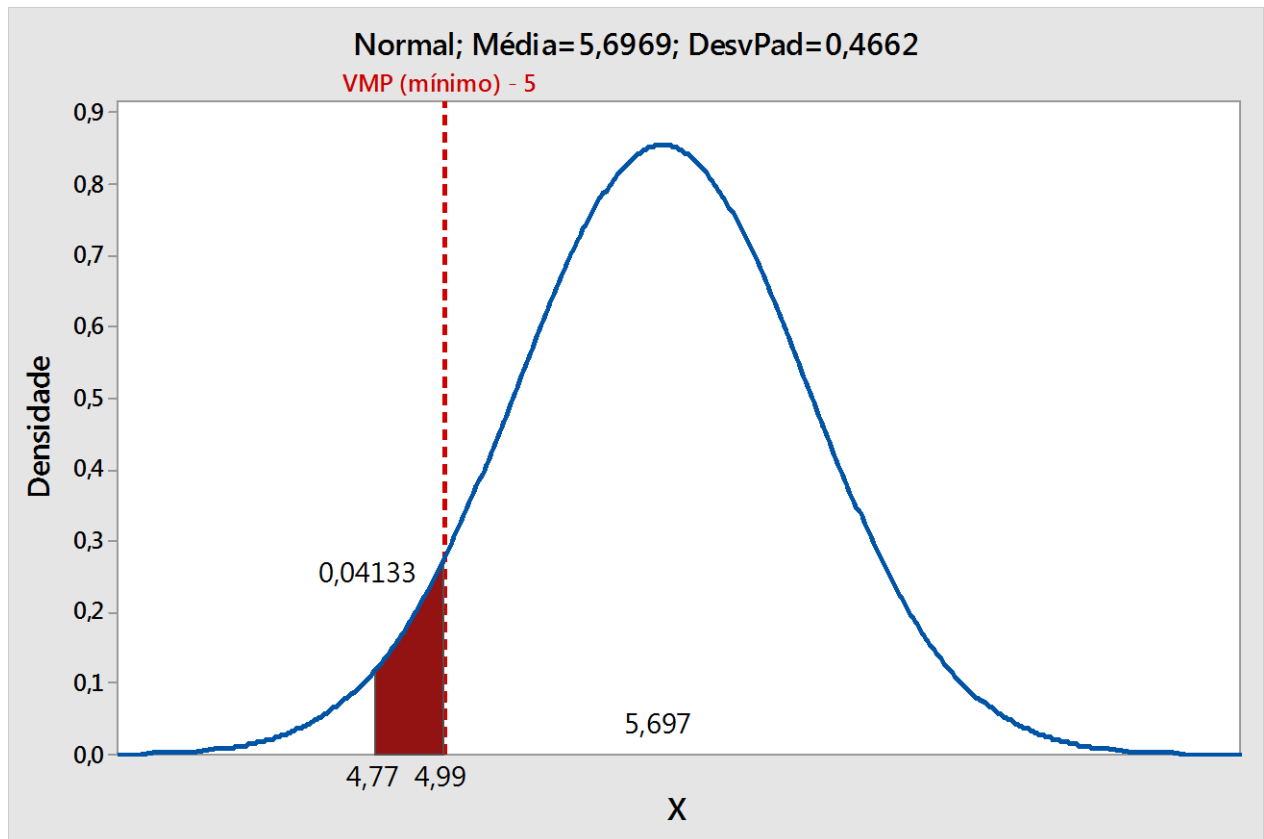
Gráfico 6.40 – Estatística descritiva para o parâmetro pH



Avaliando os resultados da tabela 6.8 e o gráfico acima, podemos verificar que o desvio padrão para as amostras coletadas não apresentam muita variação, exceto para o MB 2 e 9. Quando avaliamos os resultados no grupo, o desvio é relativamente baixo também, assim como a variação.

Como os resultados obtidos apresentam uma certa dispersão para os pontos MB 2 e 9 em relação ao demais, optou-se por verificar a influência desses pontos em uma distribuição normal dentro do grupo. Para isso foi considerado um *range* de variação, sendo a concentração mínima obtida para o parâmetro, 4,77, ao maior valor próximo do VMP mínimo de referência para o parâmetro, 4,99, conforme apresentado no **Gráfico 6.40** a seguir. Não optou-se por utilizar o padrão máximo de referência para o parâmetro (9) porque historicamente esse valor não corresponde às características da água local.

Gráfico 6.41 – Gráfico de distribuição do grupo de pontos



Observando o gráfico acima, podemos dizer que 95,87% dos valores analisados estão dentro do range adotado e 4,13% fora dele, dessa forma, podemos dizer que a variação observada está associada a 5% das amostras coletadas. Para identificação desse montante de amostras que apresentam variação, foi realizada uma outra análise a fim de verificar a distribuição ao longo do período, ponto a ponto e para o grupo.

Para comparar uma tendência central e/ou variabilidade, assim como possíveis *outliers* do nicho de amostras, foram elaborados Boxplot a fim de comparar as distribuições. Os **Gráficos 6.41** e **6.42** a seguir apresentam análise realizada para o grupo de amostras e para os pontos, respectivamente.

Gráfico 6.42 – Boxplot do grupo de pontos

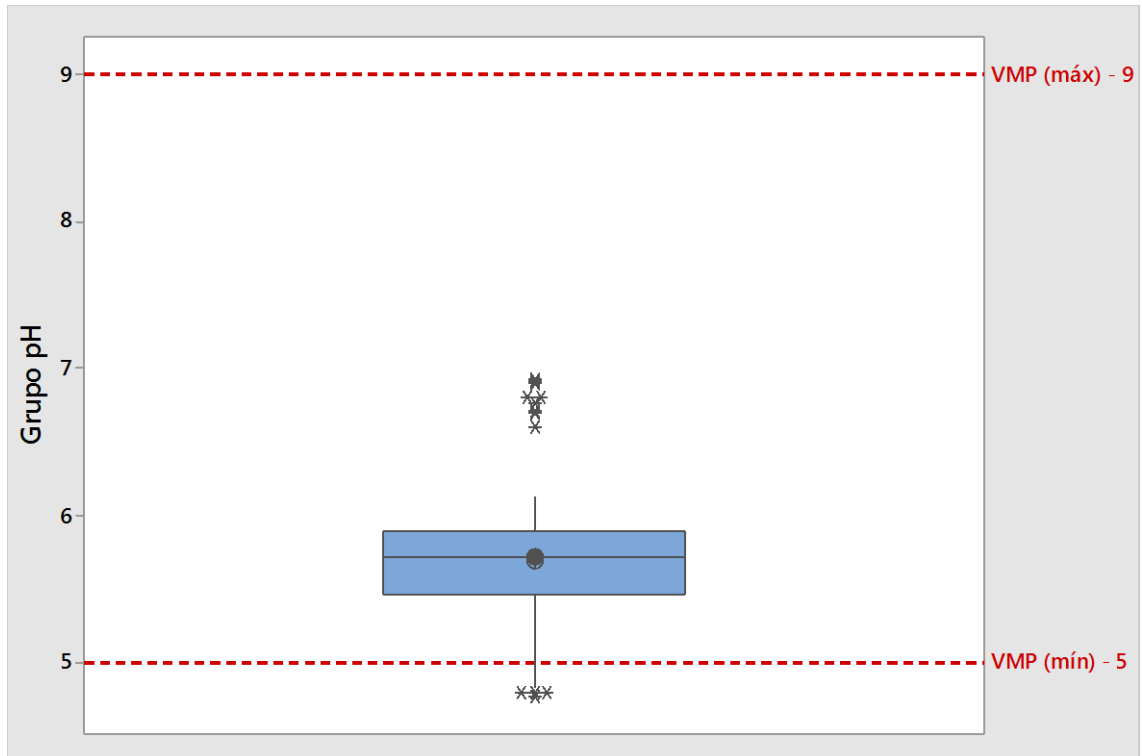
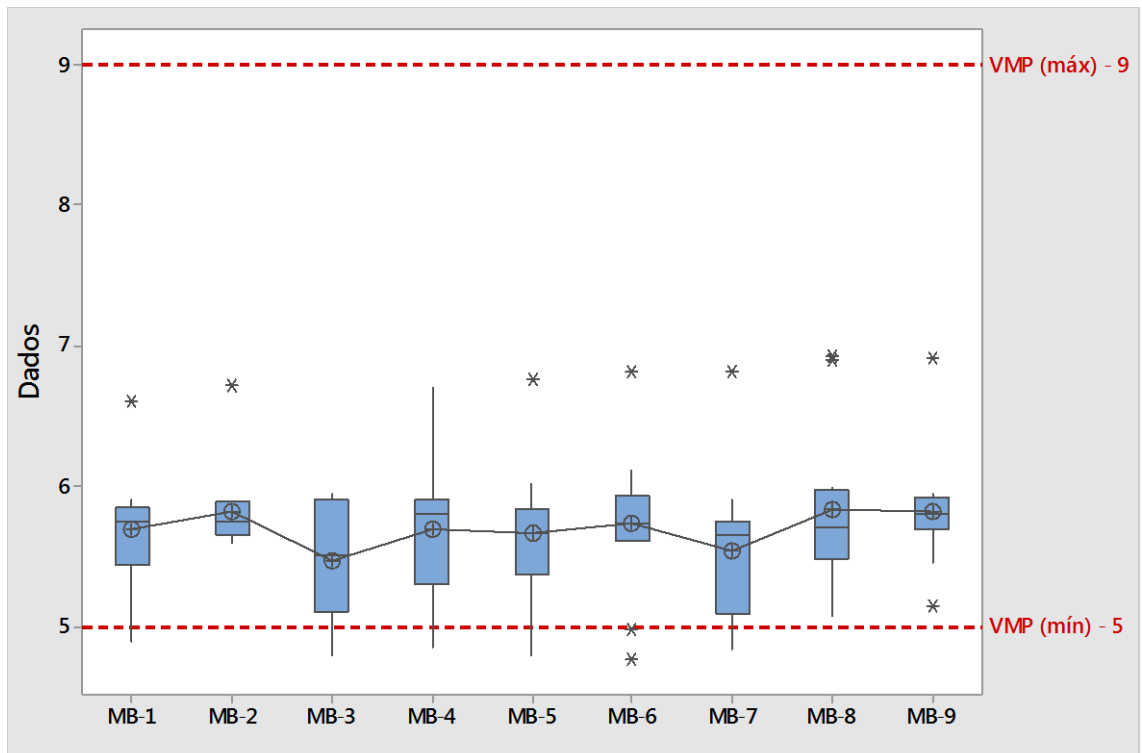


Gráfico 6.43 – Boxplot dos pontos de monitoramento



Podemos observar alguns pontos distribuídos de forma desgarrada (*outliers*), estes serão considerados como pontos de atenção pois estão relacionadas as leituras reais identificadas nas amostras coletadas, serão avaliados no decorrer da análise.

No gráfico 6.124 quando observamos os dados analisados no grupo de amostras, estes são positivamente simétricos pois mediana está próxima do primeiro quartil e com baixa amplitude, como esperado os pontos de maior leitura foram identificados como outliers por estarem diferentes da grande maioria. Já para os pontos individuais, gráfico 6.125, a mediana entre os pontos não apresenta muitas variações, podemos observar também que os pontos MB 1, 3 a 7 estão com leituras abaixo do limite mínimo.

Essas variações podem ser consideradas como normais e dentro do esperado, uma vez que estamos trabalhando com amostras onde o fator externo (ambiente) pode influenciar diretamente nos resultados. Porém, para avaliar se as variações identificadas em relação as médias são significantes ou não, foi realizado um teste da igualdade das variâncias conforme apresentado a seguir.

Os **Gráficos 6.43** e **6.44** abaixo apresentam os testes de igualdade de variância para o grupo de pontos e entre o os pontos de monitoramento, respectivamente.

Gráfico 6.44 – Teste de igualdade de variâncias para o grupo de pontos

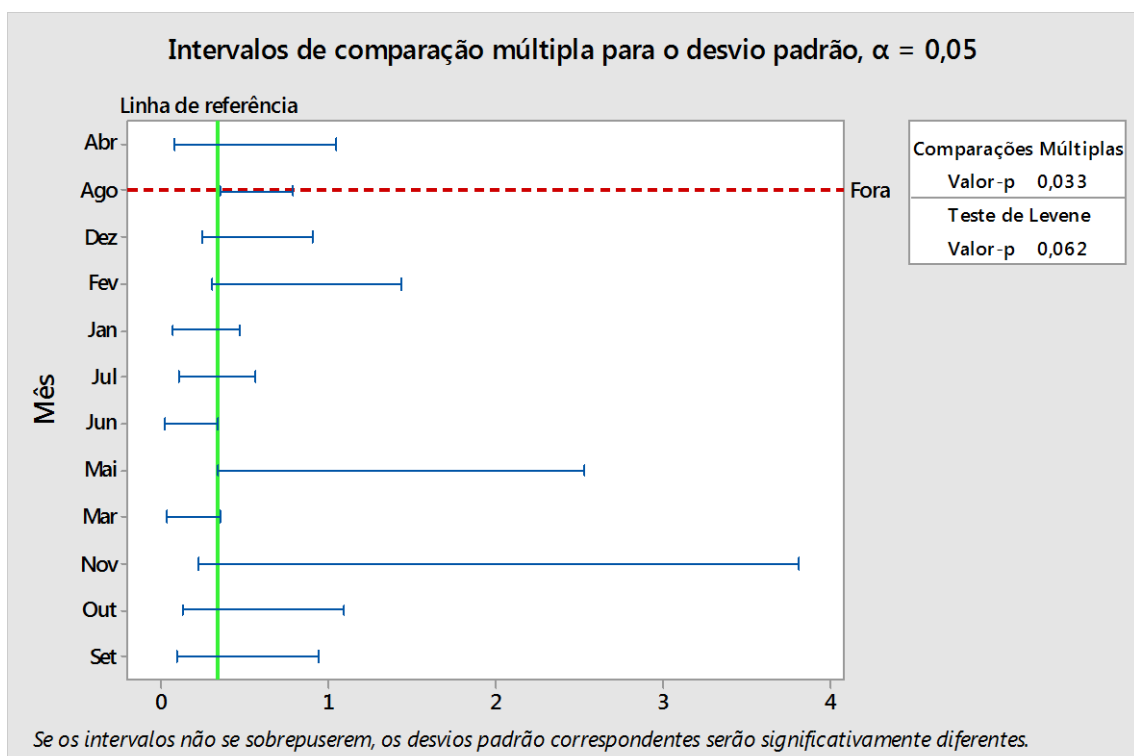
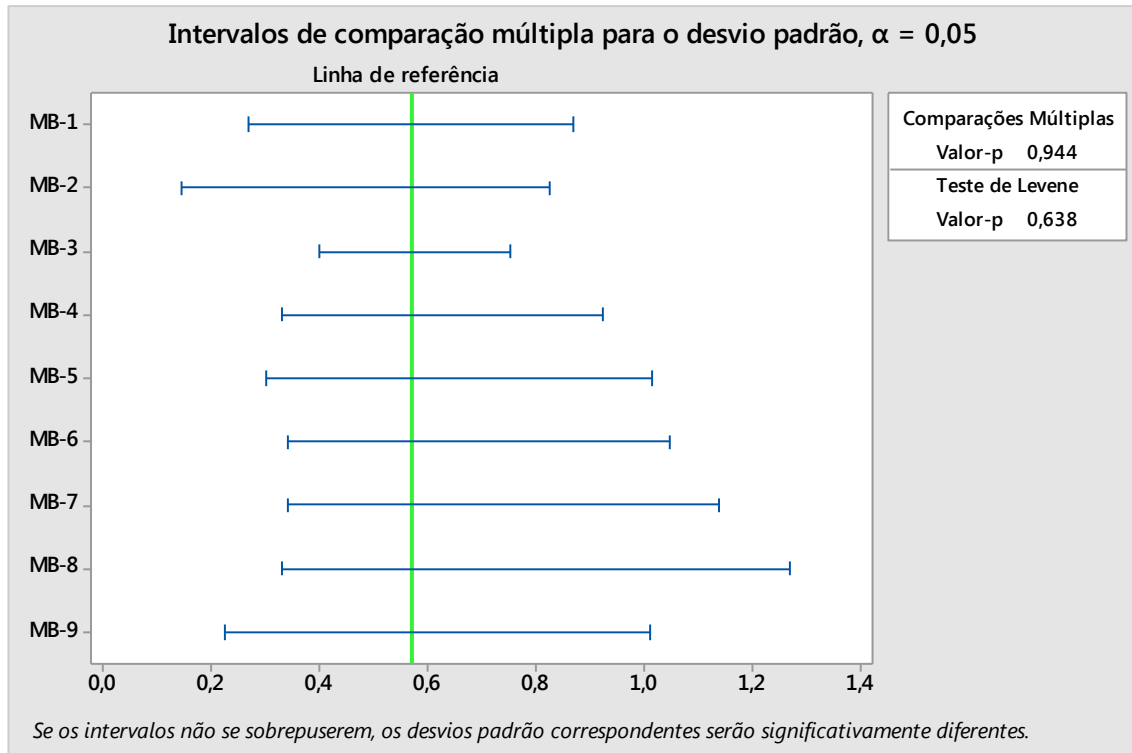


Gráfico 6.45 – Teste de igualdade de variâncias entre os pontos



Os gráficos de intervalos apresentam os resultados obtidos tanto para o grupo quanto para os pontos individuais. Em relação ao gráfico com os dados do grupo, a linha de referência não sobrepõe facilmente as barras de intervalo interceptando todos os pontos, diferente do gráfico para os pontos individuais, que a linha de referência intercepta todos os pontos. O Valor-p para o teste de comparações múltiplas para amostras em grupo ficou abaixo do nível de significância, já para os pontos individuais já foi acima.

Para o teste de Leneve, cujo objetivo é avaliar a igualdade das variâncias a partir de uma variável calculada, os resultados obtidos nos testes para o grupo de amostras e pontos individuais foi Valor-p igual a 0,062 e 0,638, respectivamente, $P \geq 0,05$, dessa forma, não aceita a hipótese de que as variâncias observadas sejam diferentes estatisticamente, afirmação com 95% de certeza.

Como os resultados ainda apresentaram algumas distorções, para avaliar o ocorrido foi realizada a análise de variância (ANOVA), onde assumiu-se a igualdade das variâncias identificadas. O método adotado foi Hipótese nula, todas as médias são iguais e Hipótese alternativa, no mínimo uma média é diferente. O nível de significância utilizado foi de $\alpha = 0,05$.

Os resultados obtidos nas análises realizadas no grupo de pontos, assim como para os pontos individualmente são apresentados abaixo, os **Gráficos 6.45 e 6.46** a seguir apresentam o complemento das análises realizadas.

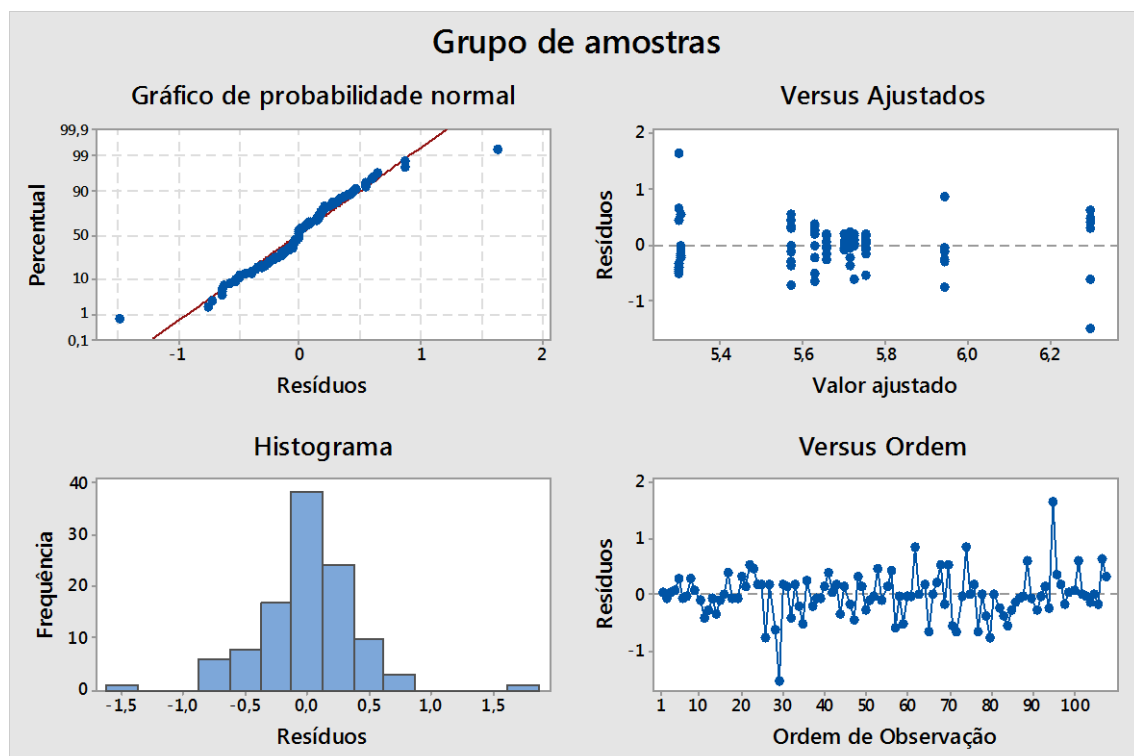
Resultados do grupo de pontos.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Mês	11	6,879	0,6254	3,67	<u>0,000</u>
Erro	96	16,374	0,1706		
Total	107	23,253			

Resultados dos pontos de monitoramento.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	8	1,561	0,1951	0,89	<u>0,528</u>
Erro	99	21,693	0,2191		
Total	107	23,253			

Gráfico 6.46 – Resíduos



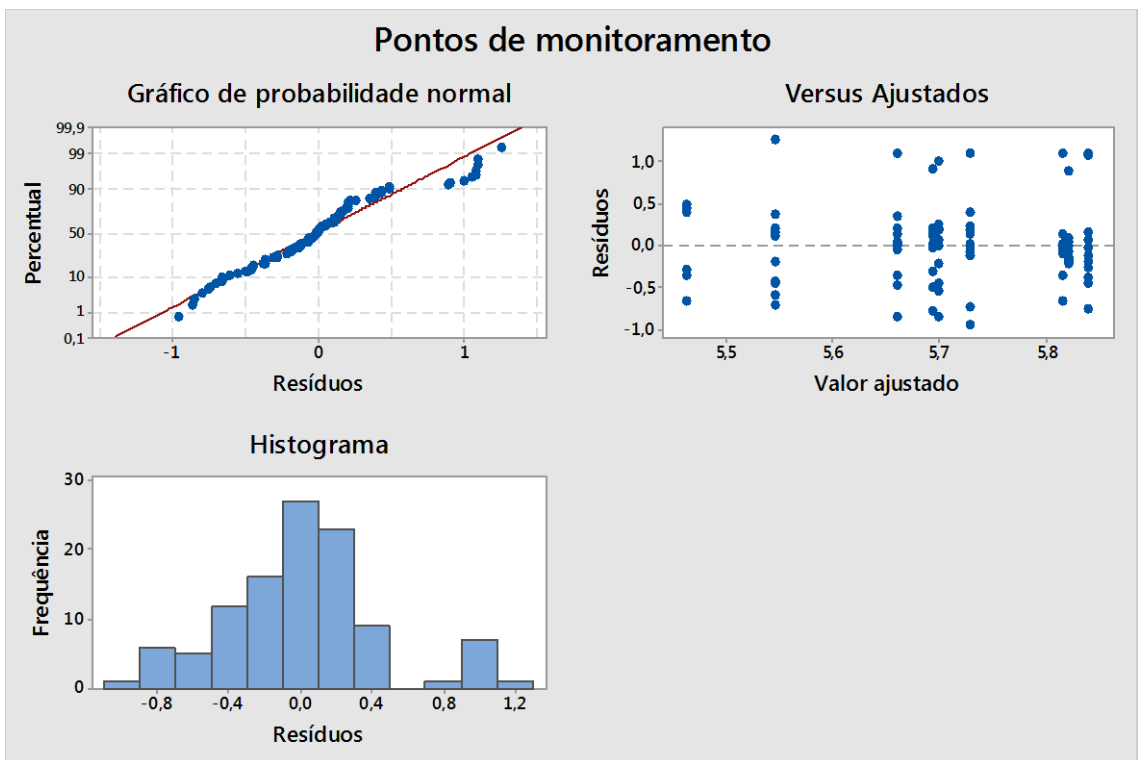
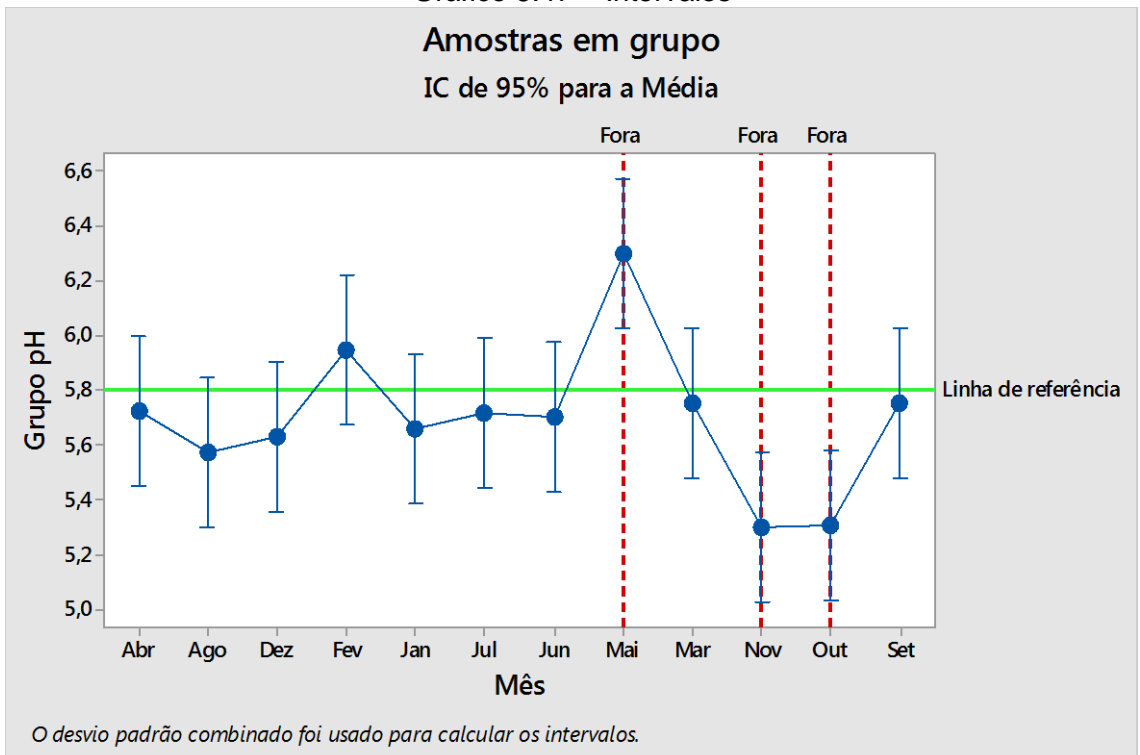
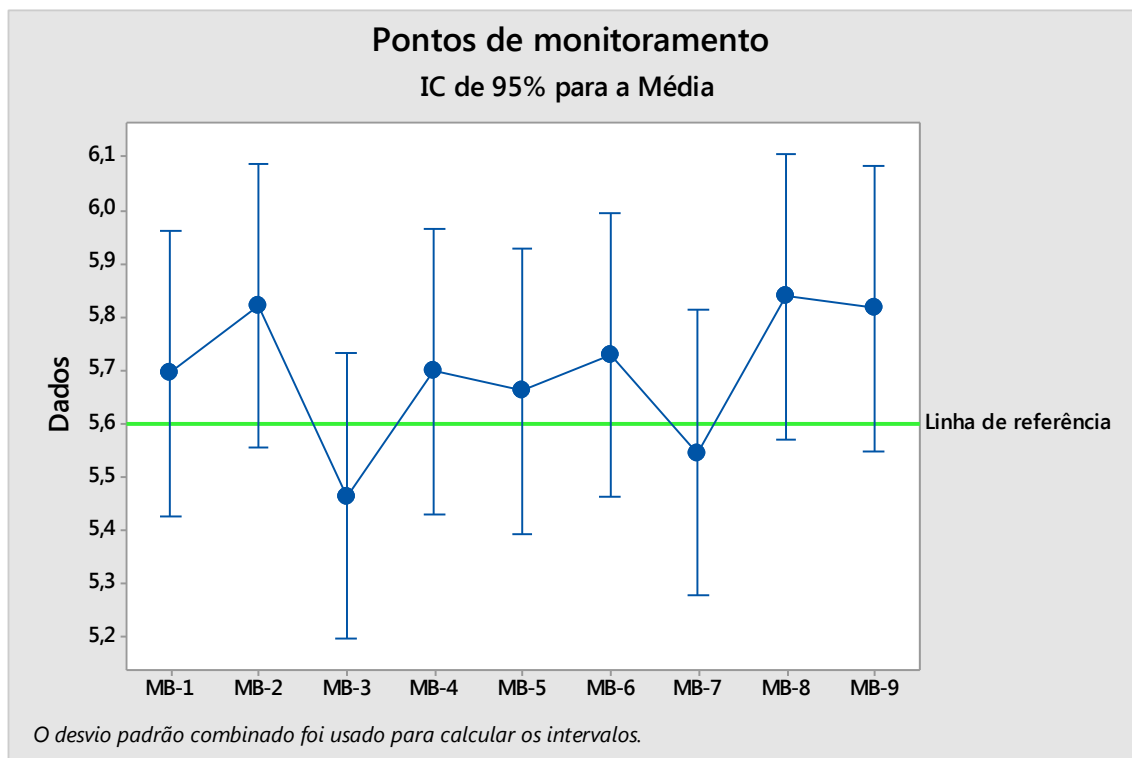


Gráfico 6.47 – Intervalos





O Valor-p para ANOVA, grupo de pontos é de 0,000 e 0,067 para os pontos de monitoramento. Com nível de significância (α) de 0,05, podemos afirmar com 95% de certeza que as leituras de pH identificadas não são de origem antrópica, e sim variação de concentrações causadas por interferências naturais do meio, tais como índice matéria orgânica e acidez natural da água.

Vale ressaltar que as variações observadas no gráfico das análises no grupo de pontos, os meses de maio, novembro e dezembro podem estar ligadas a calibração do equipamento, pois foram pontuais e não tiveram continuidade ao longo das amostragens. Esse ponto será verificado junto a equipe a fim de verificar o ocorrido e se a afirmativa é verdadeira.

6.10.2. NASCENTES

Os parâmetros que apresentaram concentrações acima dos valores de referência para as amostras coletadas nas nascentes foram Alumínio e pH, os resultados estatísticos são apresentados a seguir separados por parâmetro, a saber.

Alumínio: As **Tabelas 6.9** e **6.10** a seguir apresentam os dados utilizados para os cálculos estatísticos para o parâmetro, vale ressaltar que foram utilizados apenas os dados coletados em 2015 para evitar possíveis distorções, uma vez que os dados são referentes as concentrações obtidas a partir de amostras coletadas fora de um ambiente controlado.

Tabela 6.9 – Dados alumínio coletados no semestre

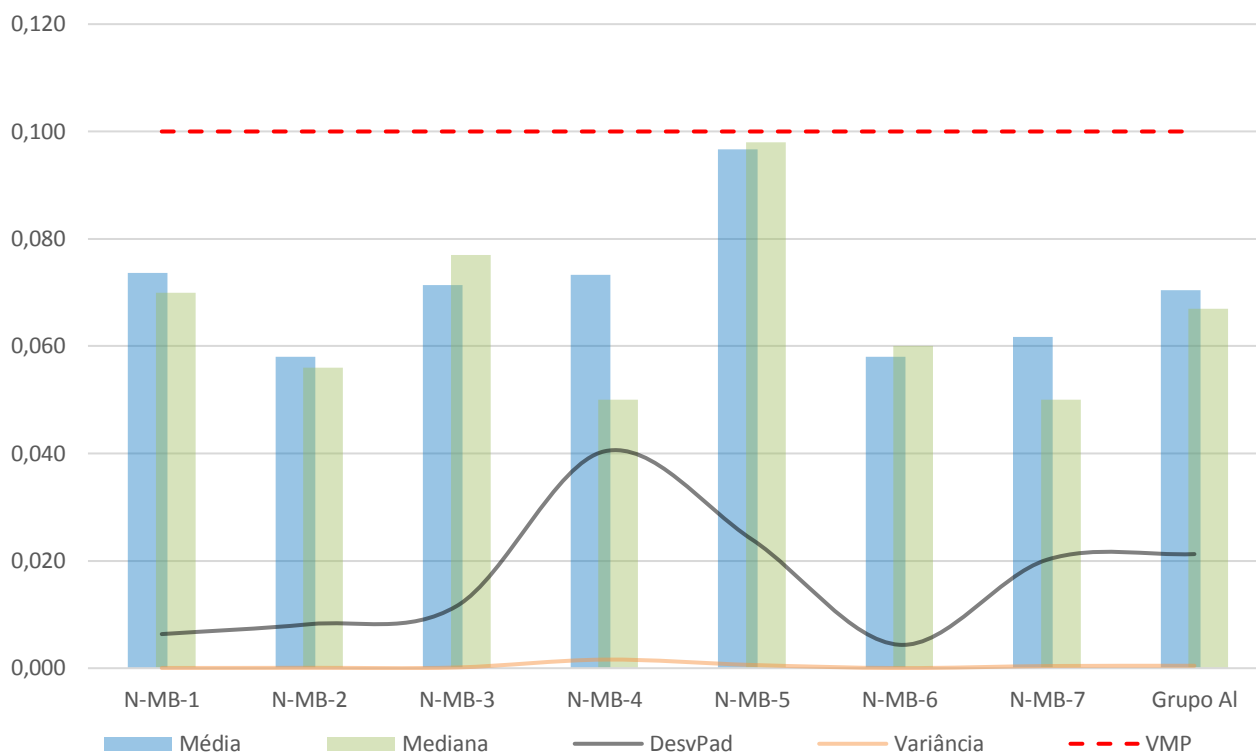
Mês/Pontos	N-MB-1	N-MB-2	N-MB-3	N-MB-4	N-MB-5	N-MB-6	N-MB-7
Jan	0,081	0,051	0,077	0,12	0,12	0,061	0,05
Mai	0,07	0,067	0,079	0,05	0,072	0,06	0,085
Set	0,07	0,056	0,058	0,05	0,098	0,053	0,05

Tabela 6.10 – Estatísticas descritivas para o parâmetro alumínio

Variável	Média	Mediana	DesvPad	Variância	CoefVar	Mínimo	Máximo	Soma	Amplitude
N-MB-1	0,074	0,070	0,006	0,000	8,62	0,07	0,081	0,221	0,011
N-MB-2	0,058	0,056	0,008	0,000	14,11	0,051	0,067	0,174	0,016
N-MB-3	0,071	0,077	0,012	0,000	16,25	0,058	0,079	0,214	0,021
N-MB-4	0,073	0,050	0,040	0,002	55,11	0,05	0,12	0,22	0,07
N-MB-5	0,097	0,098	0,024	0,001	24,86	0,072	0,12	0,29	0,048
N-MB-6	0,058	0,060	0,004	0,000	7,52	0,053	0,061	0,174	0,008
N-MB-7	0,062	0,050	0,020	0,000	32,77	0,05	0,085	0,185	0,035
Grupo Al	0,070	0,067	0,021	0,000	30,21	0,05	0,12	1,478	0,07

A Tabela 6.10 acima apresenta os cálculos obtidos a partir da estatística descritiva realizada por ponto de amostragem e para o grupo todo de pontos. Os dados também são apresentados no **Gráfico 6.47** a seguir, com a média, mediana, desvio padrão e variância, assim como os limites de referência (VMP).

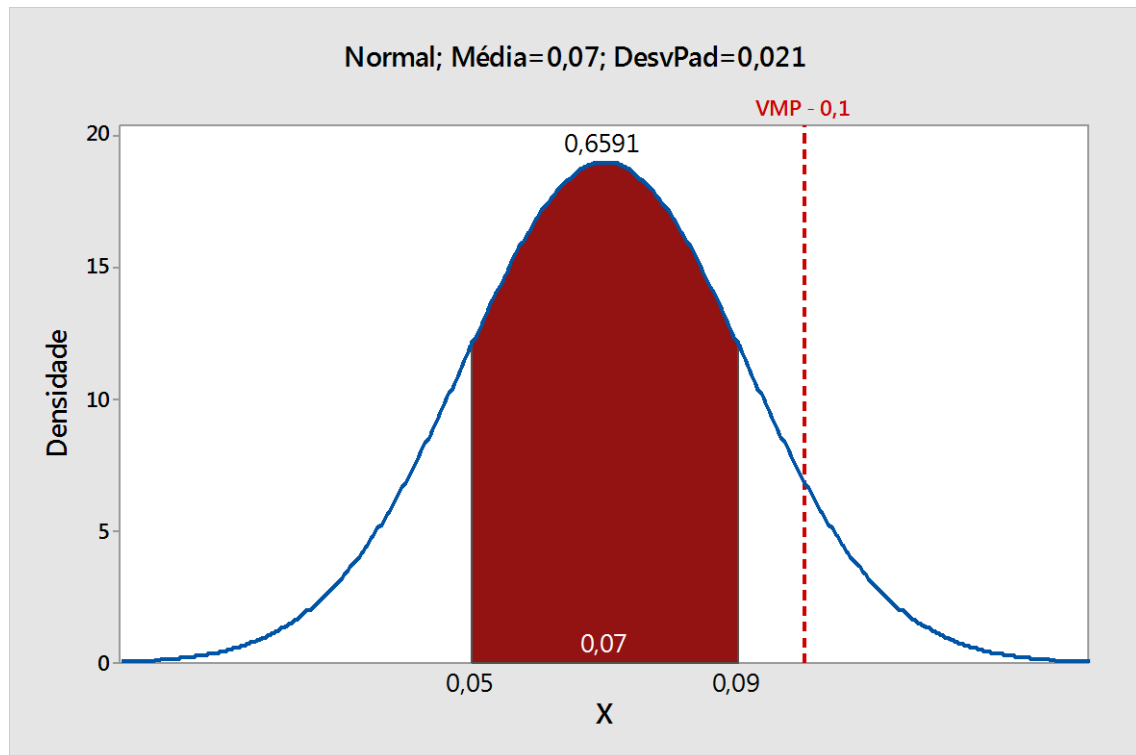
Gráfico 6.48 – Estatística descritiva para o parâmetro alumínio



Avaliando os resultados da tabela 6.10 e o gráfico acima, podemos verificar que os desvios padrões para as amostras coletadas no ponto N-MB-4 apresentam um maior desvio em relação aos demais pontos, conseqüentemente a variância também é maior. Quando avaliamos os resultados no grupo, o desvio é relativamente alto, assim como a variação.

Como os resultados obtidos apresentam uma certa dispersão nos pontos e questão em relação aos demais, optou-se por verificar a influência destes em uma distribuição normal dentro do grupo. Para avaliação optou-se por considerar um *range* de variação, sendo o menor resultado reportado pelo laboratório, 0,05, ao maior valor próximo do VMP de referência para o parâmetro, 0,09, conforme apresentado no **Gráfico 6.48** a seguir.

Gráfico 6.49 – Gráfico de distribuição do grupo de pontos



Observando o gráfico acima, podemos dizer que cerca de 65,91% dos valores analisados ficaram dentro do range adotado e 34,09% fora dele, podemos dizer que a variação observada está associada a praticamente um terço das amostras coletadas. Para identificação das amostras que estão variando foi realizada uma avaliação para verificar a distribuição.

Para comparar uma tendência central e/ou variabilidade, assim como possíveis *outliers* desse nicho de amostras, foram elaborados Boxplot a fim de comparar as distribuições. Os **Gráficos 6.49 e 6.50** a seguir apresentam análise realizada para o grupo de amostras e para os pontos individuais, respectivamente.

Gráfico 6.50 – Gráfico Boxplot do grupo de pontos

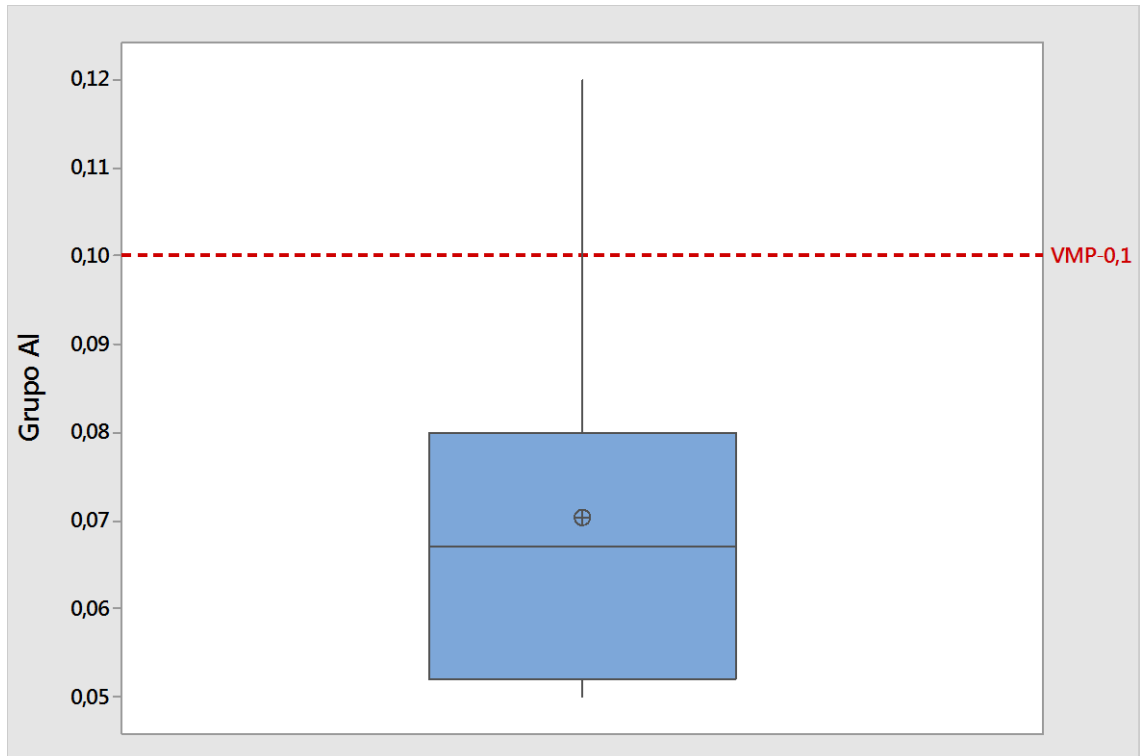
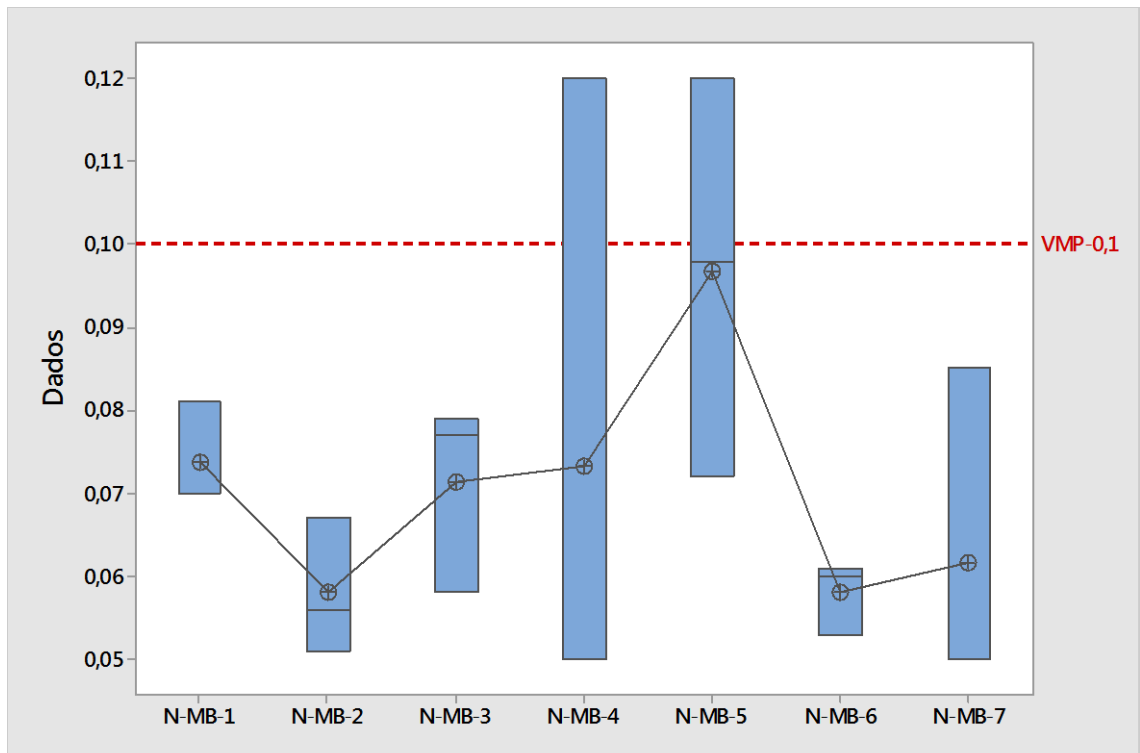


Gráfico 6.51 – Gráfico Boxplot dos pontos de monitoramento



No gráfico 6.132 quando observamos os dados analisados no grupo de amostras, estes são simétricos com alta amplitude. No gráfico 6.133, a distribuição das amostras

individualmente entre os pontos já apresenta uma maior variabilidade, sendo a maior amplitude detectados nos pontos 4, 5 e 7.

Essas variações podem ser consideradas como normal e dentro do esperado, uma vez que estamos trabalhando com pontos onde o fator externo (ambiente) pode influenciar diretamente nos resultados, ainda mais para esse parâmetro que é presente na região. Porém, para avaliar se as variações identificadas em relação as médias são significantes, foi realizado um teste de igualdade de variâncias conforme apresentado a seguir

Os **Gráficos 6.51** e **6.52** a seguir apresentam os testes de igualdade de variância para o grupo de pontos e entre o os pontos de monitoramento, respectivamente.

Gráfico 6.52 – Teste de igualdade de variâncias para o grupo de pontos

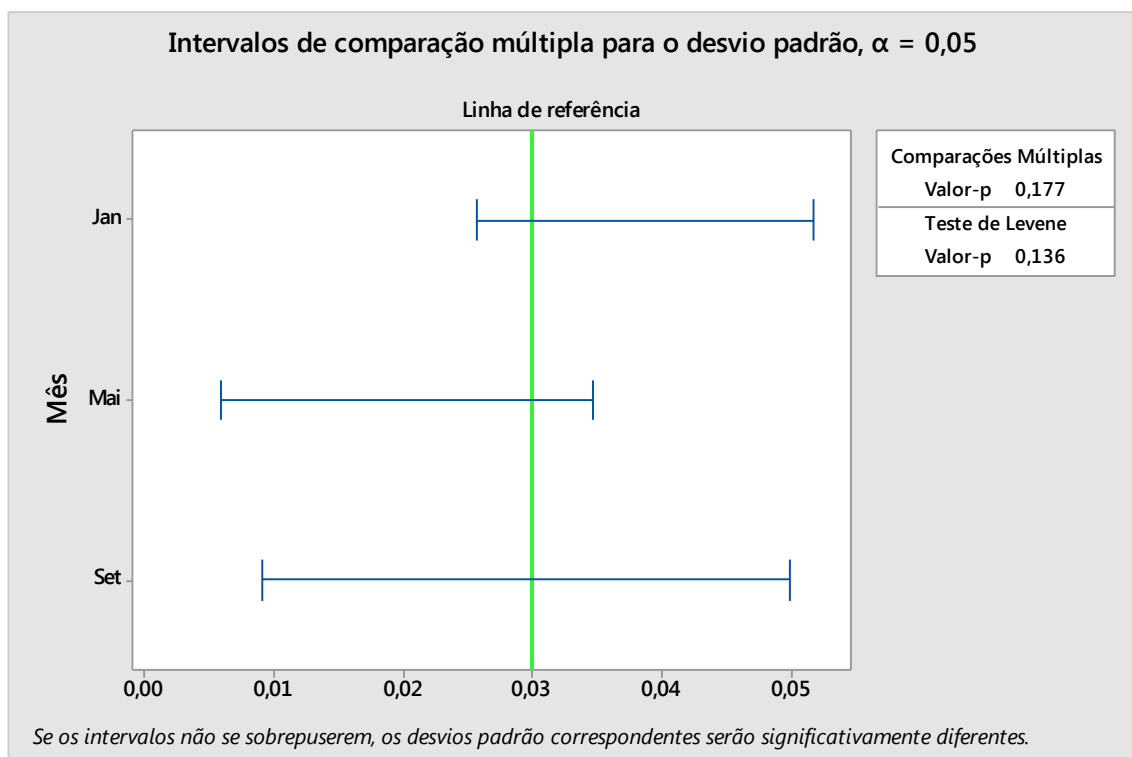
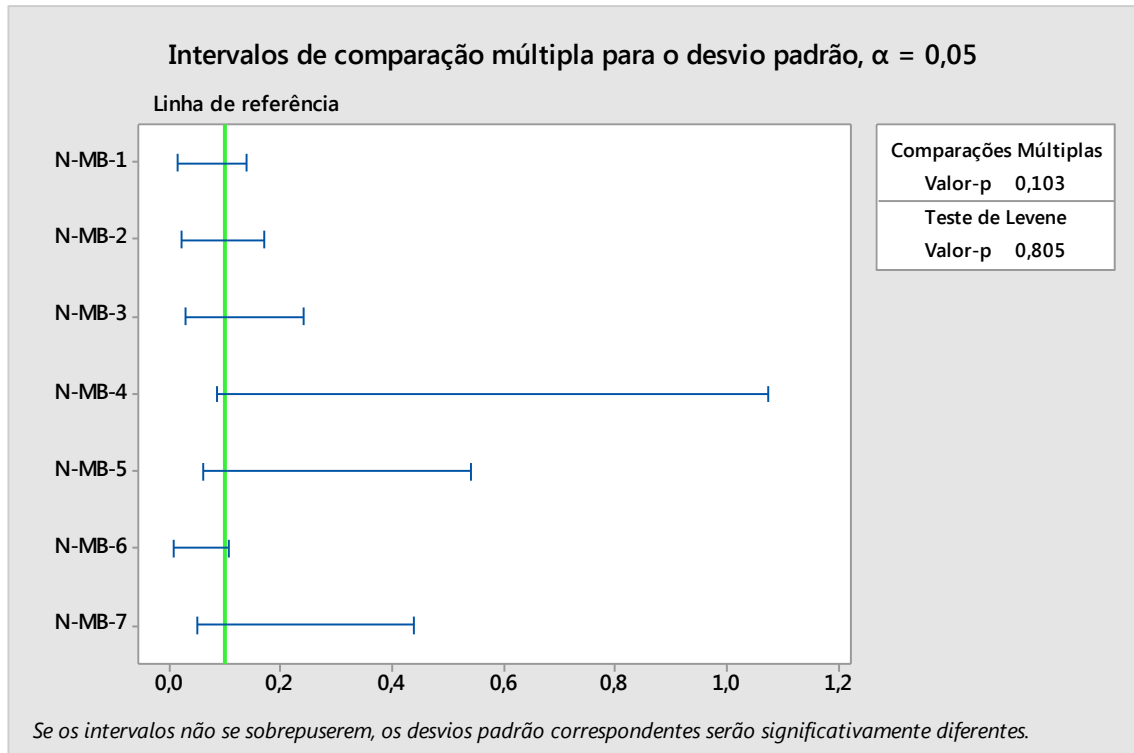


Gráfico 6.53 – Teste de igualdade de variâncias entre os pontos de monitoramento



Na primeira análise em relação aos gráficos de intervalos, referente aos resultados obtidos para as análises, a linha de referência sobrepõe facilmente todas as barras de intervalos. Os resultados do Valor-p para o grupo de amostras foi de 0,177 e 0,103 para os pontos individuais, valores-p $\geq 0,05$ para as comparações múltiplas, pode ser considerado como não significativo.

No teste de Levene, cujo objetivo foi avaliar a igualdade das variâncias a partir de uma variável calculada, o Valor-p obtido para o grupo de amostras e pontos individuais foi de 0,136 e 0,805, respectivamente, ou seja, $\geq 0,05$, dessa forma, não aceita a hipótese que as variâncias observadas nas análises sejam diferentes estatisticamente, podemos afirmar com 95% de certeza que as concentrações de alumínio não são de origem antrópica, e sim variação de concentrações causadas por interferências naturais do meio, possivelmente características de *background* da área.

pH: As Tabelas 6.11 e 6.12 a seguir apresentam os dados utilizados para os cálculos estatísticos para o parâmetro, vale ressaltar que foram utilizados apenas os dados coletados em 2015 para evitar possíveis distorções, uma vez que os dados são referentes as concentrações obtidas a partir de amostras coletadas fora de um ambiente controlado.

Tabela 6.11 – Dados pH coletados no semestre

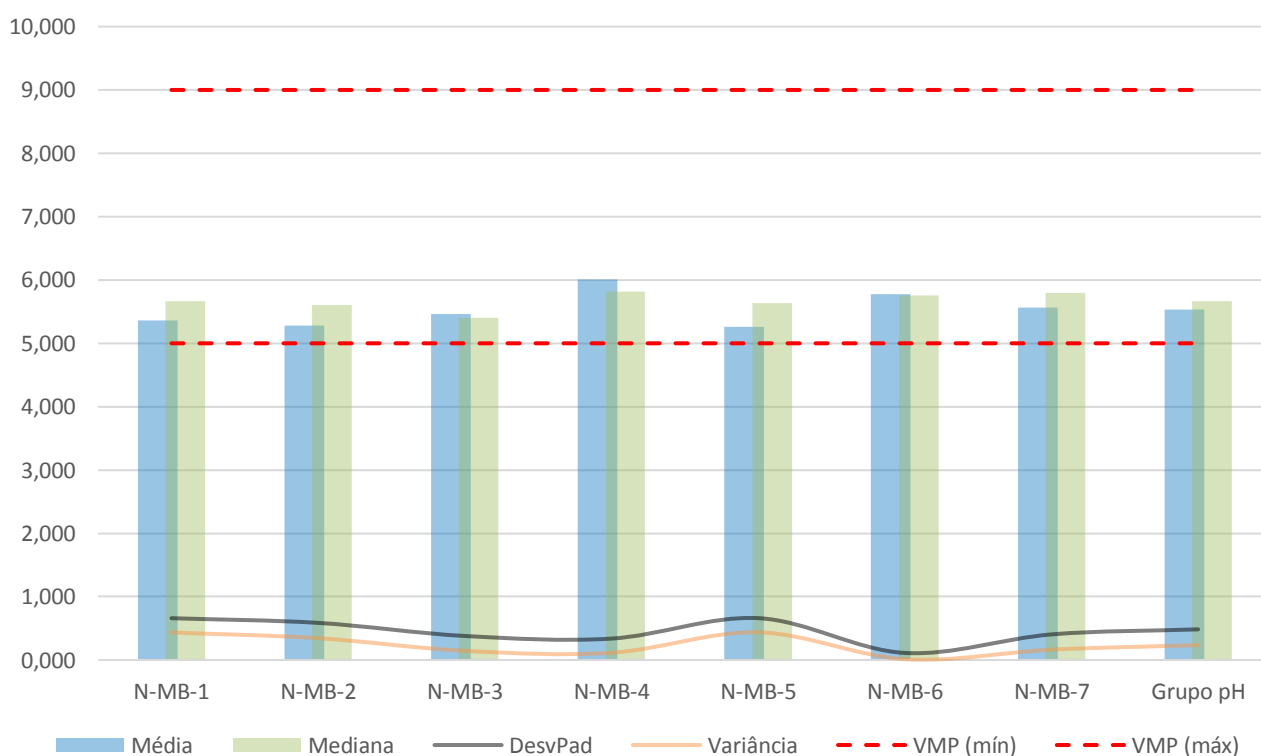
Mês/Pontos	N-MB-1	N-MB-2	N-MB-3	N-MB-4	N-MB-5	N-MB-6	N-MB-7
Jan	5,81	5,63	5,87	5,82	5,63	5,68	5,8
Mai	5,66	5,6	5,4	5,81	5,66	5,76	5,8
Set	4,6	4,6	5,12	6,4	4,5	5,9	5,1

Tabela 6.12 – Estatísticas descritivas para o parâmetro pH

Variável	Média	Mediana	DesvPad	Variância	CoefVar	Mínimo	Máximo	Soma	Amplitude
N-MB-1	5,357	5,660	0,660	0,435	12,31	4,6	5,81	16,07	1,21
N-MB-2	5,277	5,600	0,586	0,344	11,11	4,6	5,63	15,83	1,03
N-MB-3	5,463	5,400	0,379	0,144	6,94	5,12	5,87	16,39	0,75
N-MB-4	6,010	5,820	0,338	0,114	5,62	5,81	6,4	18,03	0,59
N-MB-5	5,263	5,630	0,661	0,437	12,56	4,5	5,66	15,79	1,16
N-MB-6	5,780	5,760	0,111	0,012	1,93	5,68	5,9	17,34	0,22
N-MB-7	5,567	5,800	0,404	0,163	7,26	5,1	5,8	16,7	0,7
Grupo pH	5,531	5,660	0,484	0,235	8,76	4,5	6,4	116,15	1,9

A Tabela 6.12 acima apresenta os cálculos obtidos a partir da estatística descritiva realizada por ponto de amostragem e para o grupo com todos os pontos. Os dados também são apresentados no **Gráfico 6.53** a seguir, com a média, mediana, desvio padrão e variância, assim como os limites de referência (VMP).

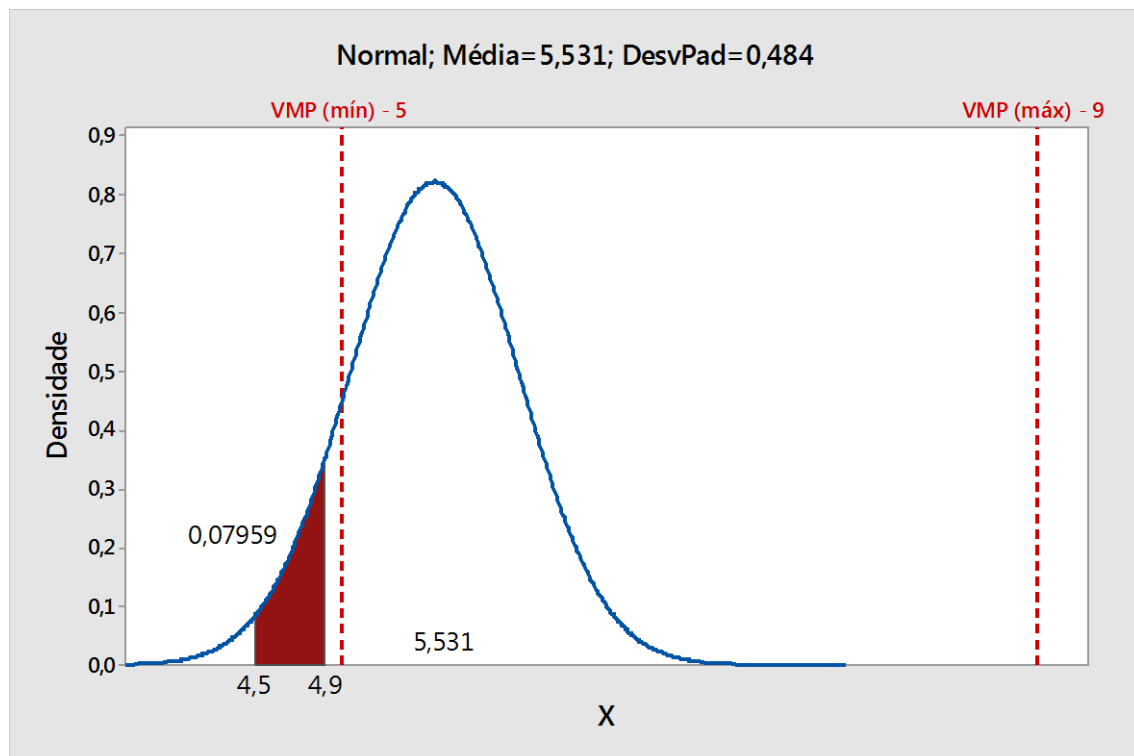
Gráfico 6.54 – Estatística descritiva para o parâmetro pH



Avaliando os resultados da tabela 6.12 e o gráfico acima, podemos verificar que os desvio padrão para as amostras coletadas nos pontos N-MB-1, 2 e 5 apresentam um maior desvio em relação aos demais pontos, conseqüentemente a variância também é maior. Quando avaliamos os resultados no grupo, o desvio é relativamente alto, assim como a variação.

Como os resultados obtidos apresentam uma certa dispersão nos pontos em questão com relação aos demais, optou-se por verificar a influência destes em uma distribuição normal dentro do grupo. Para avaliação optou-se por considerar um *range* de variação, sendo o menor resultado reportado pelo laboratório, 4,5, ao maior valor próximo do VMP de referência para o parâmetro, 4,9 conforme apresentado no **Gráfico 6.54** a seguir.

Gráfico 6.55 – Gráfico de distribuição do grupo de pontos



Observando o gráfico acima, podemos dizer que cerca de 92,04% dos valores analisados ficaram dentro do range adotado e 7,96% fora dele, podemos dizer que a variação observada está associada a menos de 10% das amostras coletadas. Para identificação das amostras que estão variando foi realizada uma avaliação para verificar a distribuição.

Para comparar uma tendência central e/ou variabilidade, assim como possíveis *outliers* desse nicho de amostras, foram elaborados Boxplot a fim de comparar as distribuições.

Os **Gráficos 6.55** e **6.56** a seguir apresentam análise realizada para o grupo de amostras e para os pontos individuais, respectivamente.

Gráfico 6.56 – Gráfico Boxplot do grupo de pontos

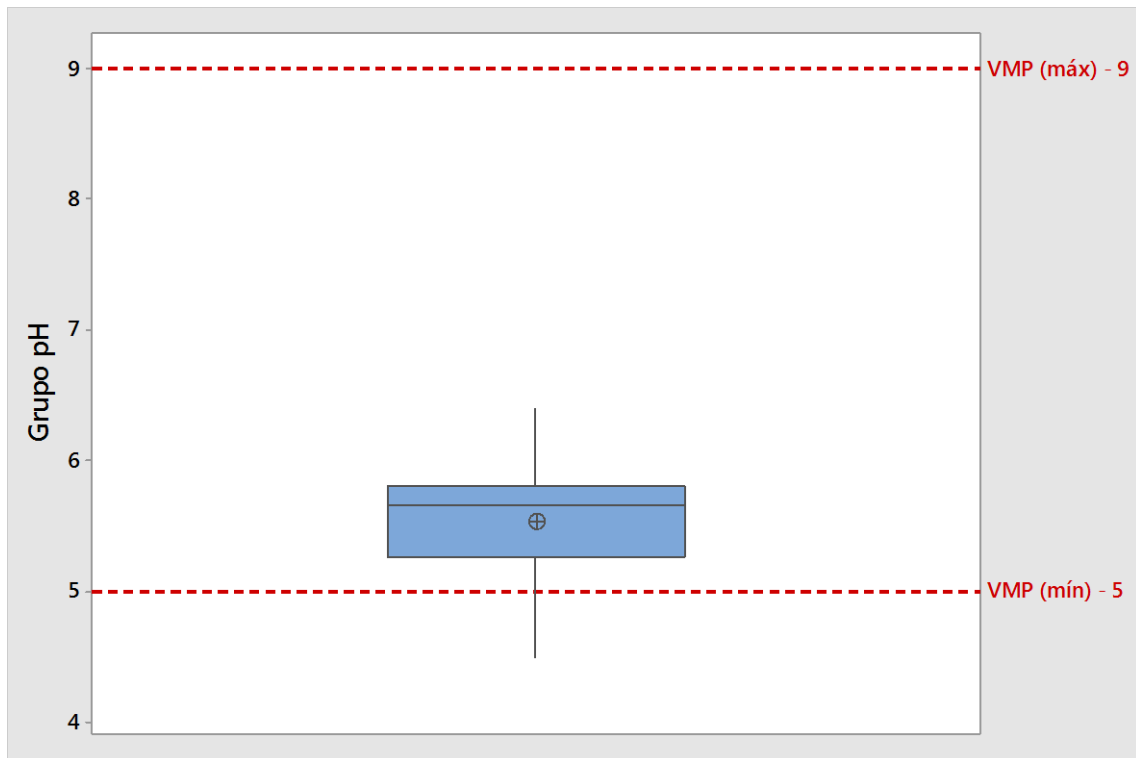
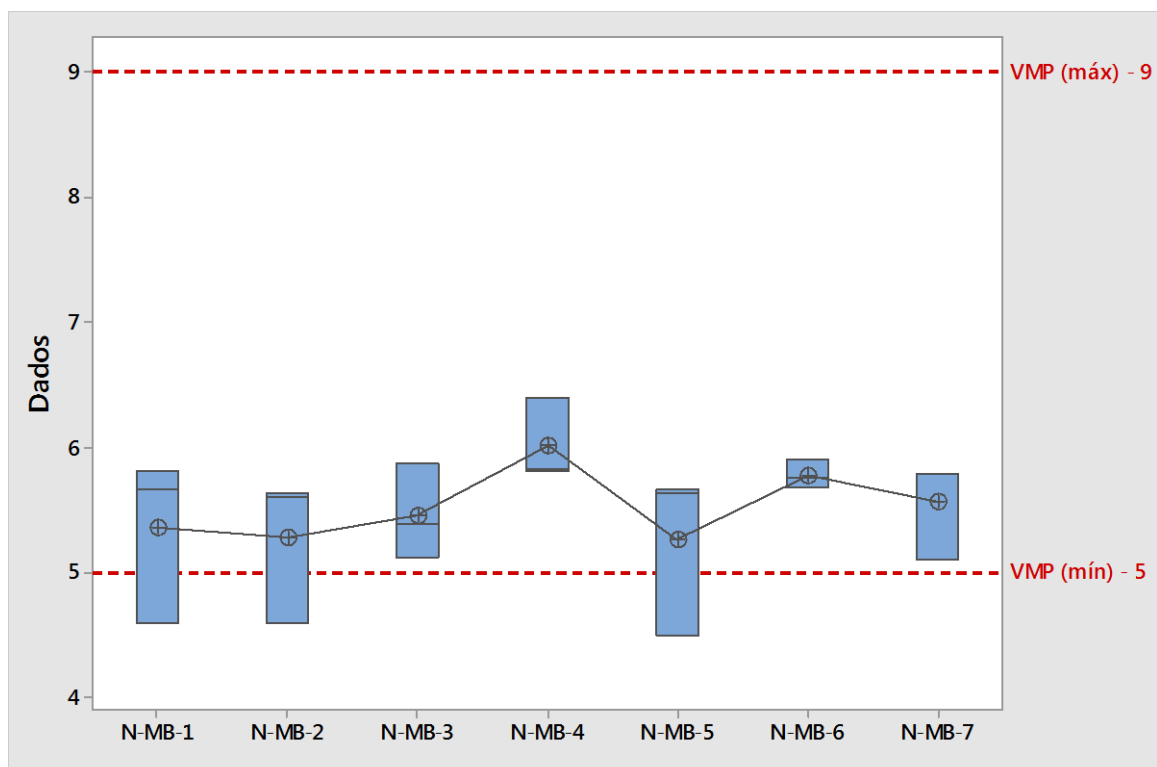


Gráfico 6.57 – Gráfico Boxplot dos pontos de monitoramento



No gráfico 6.138 quando observamos os dados analisados no grupo de amostras, estes são pouco simétricos de média amplitude, a mediana está mais próxima do terceiro quartil, o que indica uma variação na distribuição dos dados. No gráfico 6.139, a distribuição das amostras individualmente entre os pontos apresenta uma maior variabilidade, sendo a maior amplitude detectada nos pontos 1, 2 e 5.

Estas variações podem ser consideradas como normais e dentro do esperado, uma vez que estamos trabalhando com pontos onde o fator externo (ambiente) pode influenciar diretamente nos resultados, ainda mais para esse parâmetro que é presente na região. Porém, para avaliar se as variações identificadas em relação as médias são significantes, foi realizado um teste de igualdade de variâncias conforme apresentado a seguir

Os **Gráficos 6.57** e **6.58** a seguir apresentam os testes de igualdade de variância para o grupo de pontos e entre o os pontos de monitoramento, respectivamente.

Gráfico 6.58 – Teste de igualdade de variâncias para o grupo de pontos

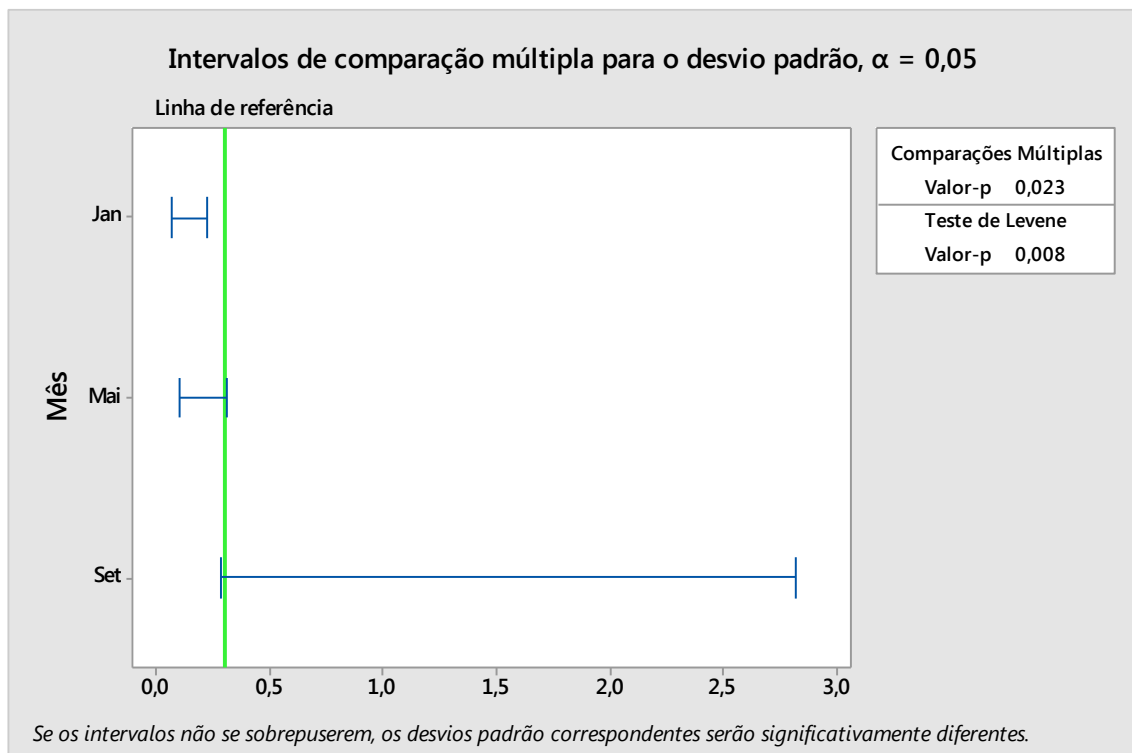
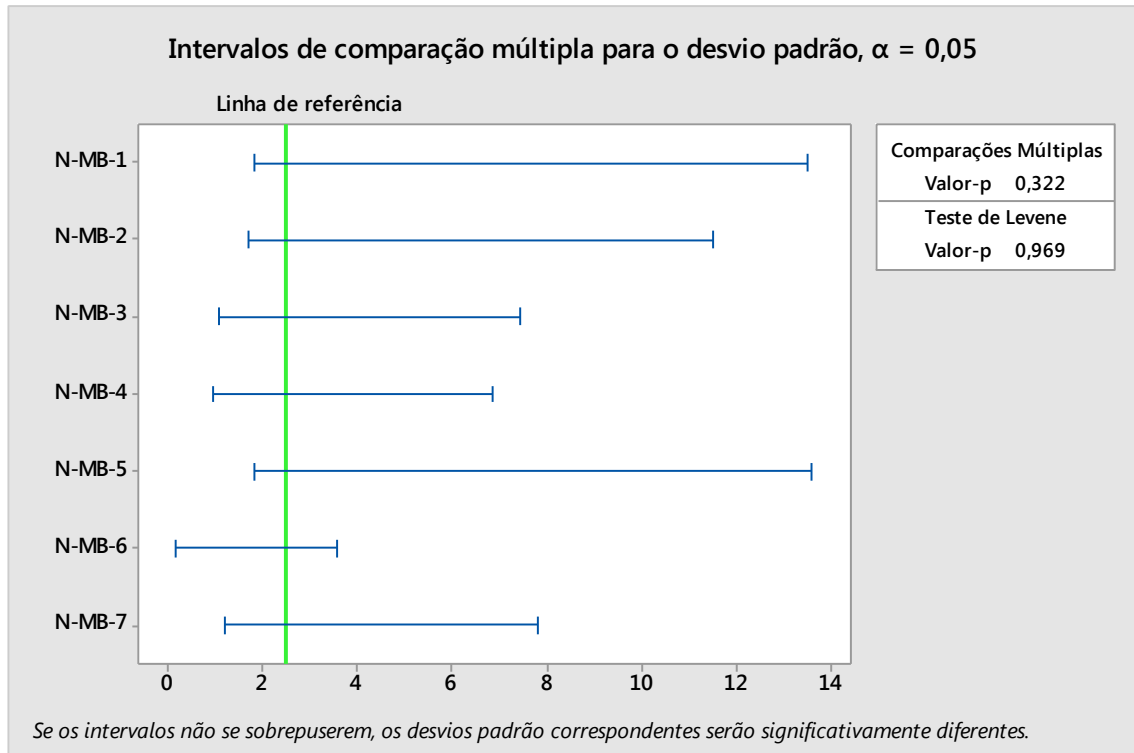


Gráfico 6.59 – Teste de igualdade de variâncias entre os pontos de monitoramento



Na primeira análise em relação aos gráficos de intervalos, referente aos resultados obtidos para o grupo de pontos, apesar das médias parecerem diferentes, essa diferença parece não ser significativa apesar da linha de referência não sobrepor todas as barras de intervalos, mas ainda intercepta quase todos os pontos, diferente do gráfico das análises para os pontos individuais, que a linha de referência sobrepõe facilmente todas as barras. Nos resultados para o grupo de amostras, o Valor-p de 0,023 para as comparações múltiplas é $\geq 0,05$, pode ser considerado como significativo pois apresenta uma certa variação. Na análise para individual para os pontos, o Valor-p identificado foi de 0,322, $P \geq 0,05$, pode ser considerado como não significativo.

No teste de Levene, cujo objetivo foi avaliar a igualdade das variâncias a partir de uma variável calculada, os resultados obtidos para o grupo de amostras foi Valor-p igual a 0,008, abaixo do nível de significância, ou seja, as variâncias observadas realmente são diferentes. O mesmo teste para os pontos individuais apresentou um Valor-p de 0,969, $\geq 0,05$, dessa forma, não aceita a hipótese que as variâncias observadas nas análises sejam diferentes estatisticamente, com 95% de certeza.

Como os resultados obtidos nos testes para o grupo de pontos apresentou uma pequena distorção, que pode estar ligada as concentrações de *background* da área, optou se por realizar uma análise de variância (ANOVA), onde assumiu-se a igualdade das variâncias identificadas, e o método adotado foi de Hipótese nula, todas as médias são iguais e Hipótese alternativa, no mínimo uma média é diferente. O nível de significância (α) utilizado foi de 0,05.

Os resultados obtidos nas análises realizadas no grupo de pontos, assim como para os pontos individualmente são apresentados abaixo, os **Gráficos 6.59** e **6.60** a seguir apresentam o complemento das análises realizadas.

Resultados do grupo de pontos.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Mês	2	1,357	0,6787	3,66	<u>0,046</u>
Erro	18	3,333	0,1852		
Total	20	4,461			

Resultados dos pontos de monitoramento.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	6	1,392	0,2320	0,98	<u>0,471</u>
Erro	14	3,299	0,5356		
Total	20	4,691			

Gráfico 6.60 – Resíduos

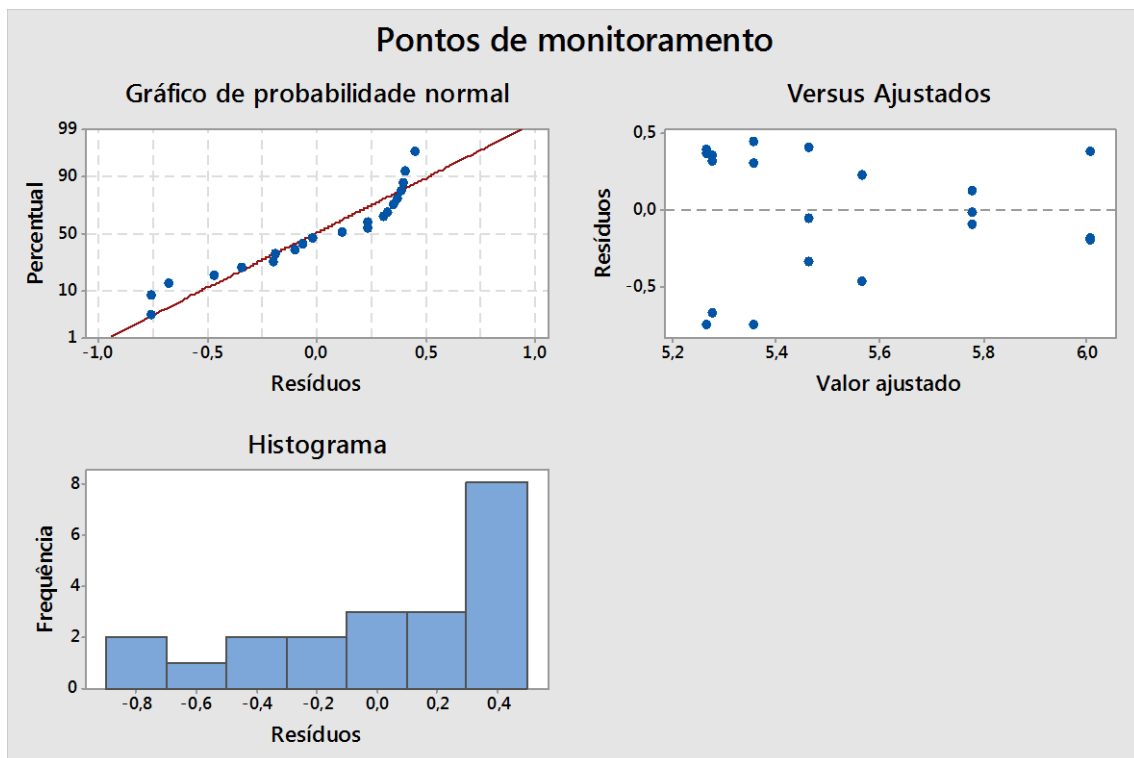
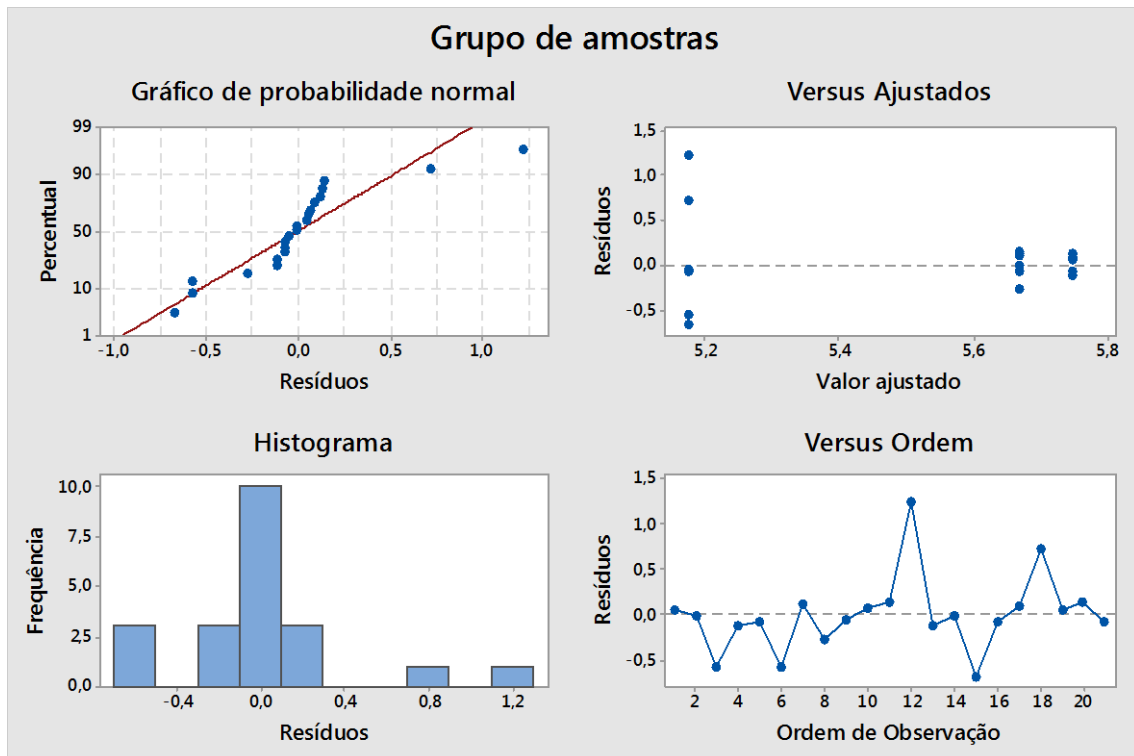
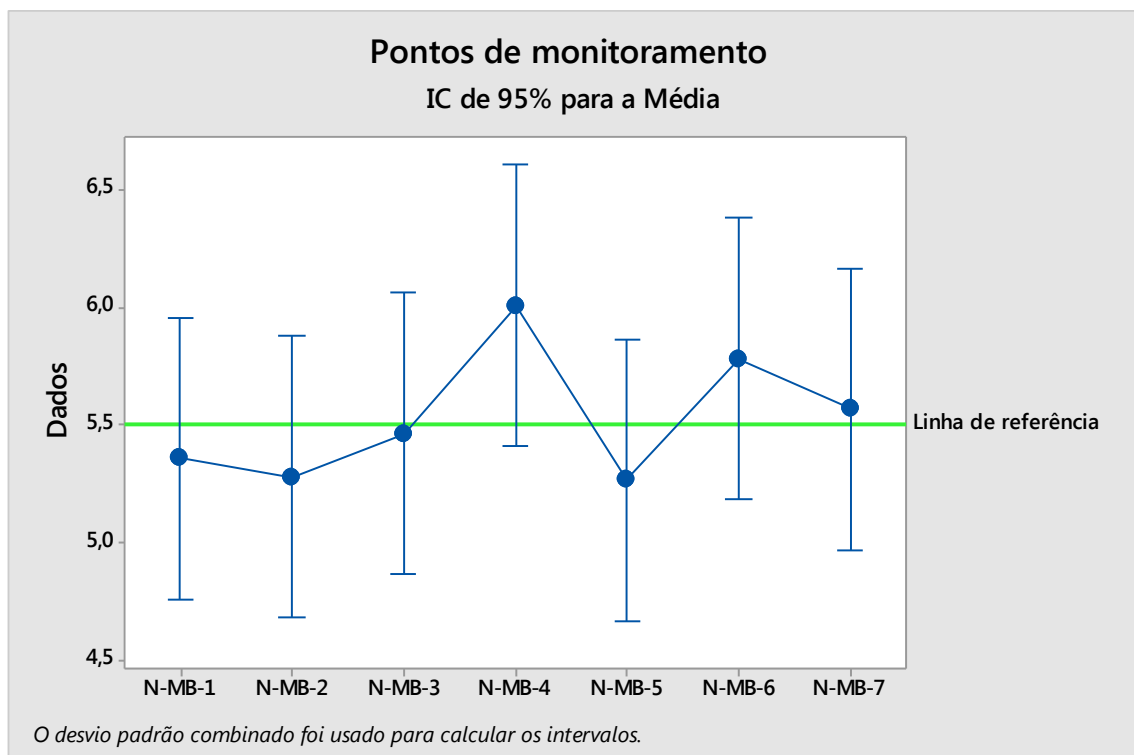
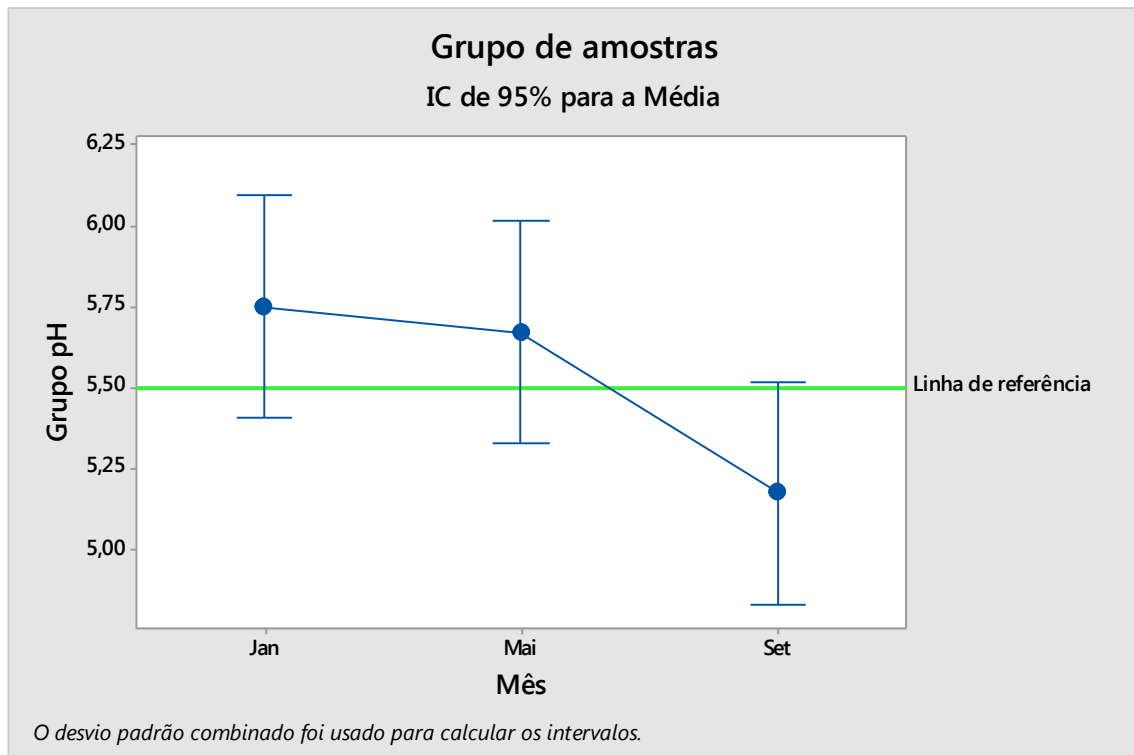


Gráfico 6.61 – Intervalos



O Valor-p para a ANOVA, grupo de pontos é de 0,046 e 0,471 para os pontos individuais de monitoramento. Com nível de significância (α) de 0,05, podemos afirmar com 95% de

certeza que as leituras de pH não são de origem antrópica, e sim variação de concentrações causadas por interferências naturais do meio, possivelmente características de *background* da área.

7. CONCLUSÕES

A supressão vegetal realizada em 2015 no platô Monte Branco foi aproximadamente 95 ha, foram reflorestados cerca de 30,9 ha e prepara uma área de reflorestamento de aproximadamente 52,5 ha. Nas áreas reflorestadas anteriormente foi observada densidade média a alta da vegetação arbórea, fator positivo que valida a metodologia adotada nesse processo, assim como as demais ações executadas no PRAD.

Nesse platô também foram realizadas ações de enriquecimento por meio de tratamentos culturais, onde foram utilizadas aproximadamente 20 toneladas de insumos, ourofós, gesso e calcário.

O monitoramento do sistema de drenagens das estradas que cruzam o empreendimento e os serviços executados durante 2015 foram realizados a partir de um acompanhamento sistemático e proativo, que permitiu identificar e mitigar os desvios identificados em tempo hábil através de inspeções, manutenção e/ou limpeza das caixas de sedimentação e canaletas, evitando possíveis danos ao meio ambiente. Neste período não houve evidências de processos erosivos e de carreamento de sedimentos na área do platô.

O limite de borda foi respeitado não ultrapassando o limite estabelecido, 30 metros. O programa de manejo de copaíbas em 2015 também mostrou bons resultados, onde foram plantadas mais de cem mudas da espécie no platô Monte Branco.

Em relação ao fluxo de água subterrânea local não sofreu alterações, continua preferencialmente migrando dos centros dos platôs para a borda, podemos observar também que a variação do nível de água varia de acordo com o regime de chuvas, com maior intensidade nos piezômetros rasos, no profundo a variação é pequena, mas não deixa de ocorrer.

As análises químicas realizadas para as amostras coletadas nos piezômetros (água subterrânea) não apresentaram concentrações acima dos limites de referência estabelecidos. Já as amostras de água superficial (nascentes e igarapés), em sua grande maioria apresentou concentrações para os parâmetros pH, alumínio, ferro e DBO dentro de uma variação já esperada, ou seja, provavelmente concentrações de *background*.

Essa afirmação pode ser considerada uma vez que o alumínio é característico da região devido à presença óxidos de alumínio, assim como outros parâmetros, tais como sílica, óxido de ferro, dióxido de titânio, silicato de alumínio e outras impurezas em quantidades menores, o que torna esse parâmetro característico da região, assim como o ferro que aparece em menores proporções e também está muito ligado as também as características solo assim como do ambiente, o alto índice de matéria orgânica pode também influenciar o parâmetro pH.

Já o parâmetro de DBO pode estar ligado à quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica no meio aquático por processos biológicos, como a água superficial está em contato direto com a água proveniente da precipitação e o com o ambiente rico em matéria orgânica, a identificação desse parâmetro é esperado, assim como o alumínio e ferro.

Os resultados das amostras de efluente líquidos coletadas, apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido para os parâmetros óleos e graxas e sólidos sedimentáveis.

Estes parâmetros estão relacionados à desvios pontuais no processo de tratamento, não ocorrem na maior parte do tempo, e serão tratados com objetivo da eliminação do problema.

Podemos observamos que o nível da lâmina da água no igarapé acompanha o volume das chuvas, porém com cerca de alguns meses de atraso, esse retardamento pode estar associado ao tempo para escoamento das águas até os igarapés. A elevação do nível da lamina da água inicia-se no mês de fevereiro, atingindo o nível máximo em maio, e descendo a partir do mês de julho.

Os resultados do monitoramento das emissões atmosféricas apresentaram concentrações abaixo dos valores de referência, exceto o ponto AR-13, esse desvio pode estar atrelado a alta movimentação de veículos próximos nas adjacências do ponto de amostragem, uma vez que este está próximo das áreas de vivencia do platô. A área responsável pela mitigação de partículas será comunicada para intensificar a aspersão de água no local.

Os resultados do monitoramento de ruído ambiental, alguns pontos ficaram acima dos limites estabelecidos, porém podemos observar que os resultados de *background* também estão acima dos limites de referência, ou seja, o ruído já ocorre independentemente das interferências causadas pelas atividades de operação.

Em relação ao estudo complementar, mapa de ruídos, constatou-se que nas áreas estudadas (áreas de apoio e lavra) do platô Monte Branco, as regiões próximas às fontes emissoras os níveis de ruído ambiental superam os níveis máximos toleráveis, recomendados pela Norma NBR 10151 da ABNT para o período diurno, apresentando uma média de 82,5 dB (A). Por outro lado, para estas mesmas áreas, observou-se que nas regiões mais distantes da fonte e mais próximas da borda do platô os níveis de ruído ficaram 54,5% abaixo, apresentando uma média igual a 37,5 dB (A), sendo inferior ao índice para área rural e *background*, de acordo com a Norma NBR 10151 da ABNT.

Um aspecto positivo que se destaca é que os níveis sonoros encontrados nos pontos mais distantes das fontes evidenciaram a influência mínima sobre a fauna e flora da região. No segundo semestre de 2016 será realizado um novo estudo, com objetivo de avaliar se o cenário manteve as mesmas condições.

Em relação aos dados do monitoramento meteorológico, podemos verificar que o regime de chuva se manteve dentro do esperado, maior intensidade no início do período e menor no final, assim como a umidade relativa do ar, os valores identificados estão de acordo com as características da região Amazônica. A temperatura, intensidade de radiação solar, pressão atmosférica e velocidade do vento também não ficaram fora do esperado.

O programa de mitigação de partículas foi realizado nas áreas do platô foi realizado e será intensificado a fim de mitigar o excesso de poeiras nos períodos de seca. Esse processo também será utilizado pelo pessoal de obras, a fim de mitigar essa emissão durante a execução de obras e nas estradas e outros pontos no platô.

Para os dados estatísticos gerados a partir dos dados do platô Monte Branco, os dados dos igarapés e nascentes apresentam uma certa variação, porém pequena e pode ser considerada como aceitável e/ou esperada. Uma vez que a maioria dos parâmetros estão relacionados ao *background* da área e não da origem antrópica, podendo variar significativamente dentro dos grupos de amostras.

8. BIBLIOGRAFIAS

STCP ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA, 2014 – Relatório de Monitoramento Ambiental de Monitoramento Ambiental da Mineração Rio do Norte - 03MRN0414 REV00 – Relatório Integral, Ano 2014.

IBGE, MAPAS, Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos> >. Acesso em: 14 setembro de 2015.

MINERAÇÃO RIO DO NORTE, FOTOS: Arquivo fotográfico GSA, 4/4/2016 (Arquivos Internos).

MINERAÇÃO RIO DO NORTE, POE: Documentos Técnicos, 10/7/2015 (Arquivos Internos).

MINERAÇÃO RIO DO NORTE, LEGISLAÇÃO: Consulta Interna, 2/2/2016 (Arquivos Internos).

ANEXO 1

ANEXO 2 a 7 – MÍDIA DIGITAL